

Eine Untersuchung der systematischen und  
topographischen Anatomie der Atemmuskulatur  
und der Brusthöhlenorgane des Alpakas  
(Vicugna pacos)

von  
Sophia Roswitha Weiß-Krammer

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der  
Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität  
München

Eine Untersuchung der systematischen und  
topographischen Anatomie der Atemmuskulatur  
und der Bruthöhlenorgane des Alpakas  
(*Vicugna pacos*)

von  
Sophia Roswitha Weiß-Krammer  
aus  
München

München 2019



Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie

Arbeit angefertigt unter der Leitung von  
Univ.-Prof. Dr. Johann Maierl



Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Johann Maierl

Korreferent/en: Univ.- Prof. Dr. Joris Peters

Tag der Promotion: 27.Juli 2019



*Meiner Familie  
in Liebe und Dankbarkeit  
gewidmet*





## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
2	Literaturübersicht .....	3
2.1	Das Alpaka .....	3
2.1.1	Taxonomie .....	3
2.1.2	Habitat und Verwendung .....	3
2.2	Anatomie des Brustkorbes .....	4
2.2.1	Knochen des Brustkorbes .....	4
2.2.2	Muskeln des Brustkorbes .....	8
2.2.3	Gefäße des Brustkorbes .....	16
2.2.4	Nerven des Brustkorbes .....	26
2.3	Anatomie und Topographie der Brusthöhleingeweide .....	27
2.3.1	Das Herz .....	27
2.3.2	Trachea und Lunge .....	31
2.3.3	Das Mediastinum .....	34
2.3.4	Nerven .....	34
2.3.5	Lymphknoten des Thorax .....	36
3	Material und Methoden .....	37
3.1	Material .....	37
3.1.1	Auswahl der Tiere .....	37
3.2	Methoden .....	38
3.2.1	Fixierung und Aufbewahrung der Tierkörper und Organe .....	38
3.2.2	Die Präparation .....	40
3.2.3	Anfertigung von Bildmaterial .....	40
4	Ergebnisse .....	41
4.1	Der Brustkorb .....	41
4.2	Knochen des Brustkorbes und deren Verbindung .....	41
4.2.1	Brustwirbel .....	42
4.2.2	Rippen (Costae) .....	42
4.2.3	Brustbein (Sternum) .....	43
4.2.4	Zwerchfellknochen .....	44
4.3	Muskeln des Brustkorbes .....	45
4.3.1	Muskeln der Brustwand .....	45

---

4.3.2	Atmungsmuskeln .....	45
4.4	Topographie der Brusthöhlenorgane .....	54
4.4.1	Mittelfell (Mediastinum) .....	56
4.4.2	Herz (Cor) .....	57
4.4.3	Herzbeutel (Pericardium) .....	67
4.4.4	Gefäße des Brustkorbes und der Brustkorbhöhle .....	67
4.4.5	Luftröhre (Trachea) .....	72
4.4.6	Bronchialbaum .....	72
4.4.7	Lunge (Pulmo) .....	74
4.4.8	Speiseröhre (Oesophagus) .....	76
4.4.9	Nerven .....	77
4.4.10	Lymphknoten .....	79
5	Diskussion .....	81
5.1	Methodik .....	81
5.1.1	Auswahl der Tiere .....	81
5.1.2	Fixationsmaßnahmen .....	81
5.1.3	Präparation .....	83
5.1.4	Dokumentation .....	83
5.2	Funktionelle Anatomie .....	84
5.2.1	Atmungsmuskulatur .....	84
5.2.2	Topographie der Organe des Brustkorbes des Alpakas .....	89
6	Zusammenfassung .....	97
7	Summary .....	99
8	Abbildungsverzeichnis .....	101
9	Tabellenverzeichnis .....	105
10	Literaturverzeichnis .....	107

Alle anatomischen Termini wurden gemäß der 5. Auflage der Nomina Anatomica Veterinaria verwendet (NAV, 2017).

## Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
Aa.	Arteriae
Art.	Articulatio
BWS	Brustwirbelsäule
cm	Zentimeter
For.	Foramen
IKR	Interkostalraum
Lc.	Lymphocentrum
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
Ln.	Lymphonodus
Lnn.	Lymphonodi
LWS	Lendenwirbelsäule
M.	Musculus
Mm.	Musculi
N.	Nervus
Nn.	Nervi
Nr.	Nummer
Proc.	Processus
R.	Ramus
Rr.	Rami
V.	Vena
Vv.	Venae



## 1 Einleitung

Die Familie der Kamele umfasst drei Gattungen: die Altweltkameliden, vertreten durch Dromedar (*Camelus dromedarius*) und Trampeltier (*Camelus bactrianus*), die Lamas, vertreten durch das Guanako (*Lama guanicoe*) und das domestizierte Lama (*Lama glama*), sowie die kleineren Vikunjas, zu denen das wild lebende Vikunja (*Vicugna vicugna*) und das domestizierte Alpaka (*Vicugna pacos*) zählen. Die beiden letzteren Gattungen werden auch als Neuweltkameliden zusammengefasst, da sie in der „neuen Welt“, also in Amerika, beheimatet sind.

Die Haltung von domestizierten Neuweltkameliden erfreut sich auch in Deutschland immer größer werdender Beliebtheit. Meist sind sie in Hobbyhaltung zu finden, wobei ein Zuchttier durchaus im fünfstelligen Bereich gehandelt werden kann. Laut Alpakazuchtverband Deutschland e.V. lebten bereits im Jahr 2016 rund 10.435 Alpakas in Deutschland mit steigender Tendenz.

Der wachsende Bestand lässt diese Tiere immer öfter in der Praxis als Patient in Erscheinung treten und stellt so manchen Tierarzt vor die Frage: Wie behandle ich ein solches Tier?

Entwicklungsgeschichtlich werden Wiederkäuer und Kamele zu den Paarhufern gezählt. Jedoch handelt es sich bei den Kamelen um Schwielensohler. Sie kauen zwar auch wieder, allerdings ist beispielsweise das Schaf näher mit dem Wal oder dem Flusspferd als mit dem Alpaka verwandt.

Die Literatur über Neuweltkameliden ist oft lückenhaft wie auch oberflächlich und so gibt es nur wenige Quellen bezüglich Anatomie und Physiologie dieser Tiere, aus denen sich fundierte Kenntnisse über mögliche Therapieformen ableiten ließen.

Dem praktischen Tierarzt bleibt daher meist nur die Möglichkeit ein Alpaka tatsächlich so zu behandeln wie eine Ziege oder ein Schaf, damit wird er den Neuweltkameliden jedoch nicht gerecht.

Der wachsende, wertvoller werdende Bestand wie auch die steigende Bereitschaft der Besitzer, Geld in die Behandlung ihrer Tiere zu investieren, geben weitere Gründe sich mit diesem Thema genauer zu befassen.



---

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Das Alpaka

#### 2.1.1 Taxonomie

Das Alpaka (*Vicugna pacos*) ist die domestizierte Form der wild lebenden Vikunjas (*Vicugna vicugna*), welche die beiden Vertreter der Gattung *Vicugna* darstellen. Sie bilden zusammen mit der Gattung der Lamas (*Lama*) zu der das Guanako (*Lama guanicoe*) und dessen domestizierte Form, das Lama (*Lama glama*), gehören, die Gruppe der Neuweltkameliden. Diese zählen, wie auch die Altweltkameliden zur Unterordnung der Schwielensohler (Tylopoda) sowie zur Ordnung der Paarhufer (Artiodactyla) (FOWLER & BRAVO, 2010) (LI et al., 2008).

#### 2.1.2 Habitat und Verwendung

Alle Neuweltkameliden sind sehr gut an das Leben in den Hochplateaus der Anden Südamerikas angepasst. Sie kommen jedoch auch in niedrigeren Lagen vor und sind bis in Höhen von über 4800 m über Meeresspiegel zu finden. Die Wildformen dienten den Inkas als Packtiere sowie als Woll- und Fleischlieferant, wurden aber auch als Opfertiere geschätzt. Ihr Dung wird zum Teil bis heute als Brennstoff verwendet (FOWLER, 2010a).

Bei den Alpakas gibt es heute zwei Züchtungen, die sich anhand ihrer Wolle unterscheiden lassen, die Huacaya und die Suri. Das Fell der Huacaya ist kürzer und lockiger als das der Suri und erinnert an Schafwolle. Gut 90 % der Alpakas in Peru sind Huacaya. Das Fell der Suri ist lang und glatt und erinnert an Kordeln, die am Körper herabhängen. In Südamerika hat sich die Nutzung der Lamas und Alpakas seit der Zeit der Inkas kaum geändert (FOWLER, 2010a). In Europa werden sie in erster Linie in Hobbyhaltungen gezüchtet und dienen als Begleittiere und Wolllieferanten.

Das Alpaka bevorzugt saftiges Futter in Sümpfen und feuchten Orten, frisst aber auch trockeneres Gras und Sträucher (FOWLER, 2010a).



---

## 2.2 Anatomie des Brustkorbes

### 2.2.1 Knochen des Brustkorbes

#### 2.2.1.1 Brustwirbel

Die Brustwirbel werden bei Waringo (WARINGO, 2018) detailliert behandelt.

#### 2.2.1.2 Rippen

Die Brustwirbelsäule der Alt- und Neuweltkameliden besteht aus 12 Brustwirbeln, mit den jeweils zugehörigen Rippenpaaren (LESBRE, 1903a; PACHECO TORRES et al., 1986; SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987d; GALOTTA, 1994; FOWLER, 2010b; TIMM et al., 2011; AZZOPARDI, 2012; MCCRACKEN et al., 2013).

Beim Alpaka beschreibt Azzopardi (AZZOPARDI, 2012) acht sternale und vier asternale Rippen (Abb. 1), wohingegen Dyce, Sack und Wensing (SINGH, 2018) 7 sternale und 5 asternale Rippen für Alpaka und Lama anführen. Sie bestehen aus dem Rippenknochen, der dorsal mit der Brustwirbelsäule artikuliert und dem Rippenknorpel, welcher sich dem knöchernen Teil ventral anschließt. Die Länge der Rippen nimmt von der ersten bis zur sechsten zu und dann wieder ab. Die Rippenbreite sinkt bis zur siebten, um dann wieder zuzulegen (AZZOPARDI, 2012).

An den Rippen des Lamas lassen sich Caput, Sulcus costae, Margo cranialis und caudalis sowie Cartilago costae unterscheiden (GALOTTA, 1994). Beim Vicugna pacos finden sich 7 sternale und 5 asternale Rippen, wobei sie sich in Größe, Breite und Winkelung stark unterscheiden. Der Rippenkörper ist am sternalen Ende breiter als am vertebralen Ende, was an den ersten sechs Rippen am deutlichsten zu erkennen ist. Während die vorderen Rippen nach außen gewölbt sind ist die letzte fast gerade. Die Länge nimmt von der ersten bis zur siebten Rippe zu, um dann an den asternalen Rippen wieder abzunehmen. Der Sulcus costae in deren Mitte das Foramen nutricium sitzt, befindet sich stets kaudal wobei sie an der 11. und 12. Rippe verstreicht. Der Rippenwinkel ist an der ersten Rippe sehr weit und wird bis zur fünften Rippe enger, um danach wieder etwas weiter zu werden. Am Rippenkopf befinden sich zwei Gelenkflächen, um mit je zwei Brustwirbeln zu artikulieren. Die Facies articularis capitis costae ist deutlicher gewölbt als die Facies articularis tuberculi costae, was vor allem an den ersten fünf Rippen gut zu erkennen ist. Das Tuberculum costae ist an den ersten beiden Rippen groß und konvex, an den anderen Rippen jedoch konkav.

An der zehnten und elften Rippe ist das Tuberculum nur noch sehr klein und flach und verschmilzt an der zwölften Rippe mit dem Caput costae. Das Collum costae ist an den ersten Rippen dick und kurz, verlängert sich bis zur fünften und nimmt ab der neunten wieder ab, um an der zwölften Rippe fast gänzlich zu verschwinden (PACHECO TORRES et al., 1986).

Beim Trampeltier sind 12 Brustwirbel mit den zugehörigen Rippen zu finden, wovon sieben sternale Rippen sind. Die Rippen sind sehr lang, haben ein voluminöses Tuberculum sowie ein langes Collum. Von der ersten bis zu siebten Rippe nehmen sie an Länge zu, um dann wieder kürzer zu werden. Die fünfte Rippe ist mit 5 cm die breiteste Rippe. Die Rippenknorpel sind kurz und stark. Mit 15 cm Länge ist der Knorpel der siebten Rippe der längste. Alle Rippenknorpel artikulieren in einer Diarthrose mit den Rippen und synchondrotisch mit dem Sternum. Wie auch beim Rind, kann es mit zunehmendem Alter des Tieres zur Verknöcherung der Knorpel kommen (LESBRE, 1903a).

Beim Lama ist die erste Rippe etwa halb so lang wie die längste, welches die sechste oder siebte Rippe ist. Am breitesten sind die Rippen drei, vier und fünf. Die schmalste Rippe ist beim Lama die zwölfte Rippe, im Gegensatz zum Trampeltier, bei welchem die erste die schmalste Rippe ist. Auch ist das Tuberculum nicht so voluminös wie beim Trampeltier. Die Verbindung zum Sternum ist synchondrotisch, außer bei der ersten Rippe, welche eine Diarthrose mit dem Sternum eingeht (LESBRE, 1903b).

Das Dromedar hat 12 Rippenpaare, acht sternale und vier asternale (Abb. 2). Hier lassen sich ebenfalls Caput, Collum, Tuberculum, Angulus und Corpus unterscheiden. Die sechste Rippe hat mittig einen starken Knick. Die starke Winkelung der vorderen Rippen erklärt die weite, fast viereckige Form der Apertura thoracis cranialis. Am proximalen Ende jeder Rippe lassen sich eine Facies articularis tuberculi costae, eine Facies articularis capitis costae cranialis und caudalis, sowie ein Collum costae unterscheiden. Der Rippenhals wird von der ersten zur elften Rippe immer kürzer und ist an der zwölften Rippe schließlich nicht mehr zu finden. Der Sulcus costae ist am kaudalen Rand des Corpus costae ausgebildet. Beim Dromedar verknöchern die Rippenknorpel im jungen Alter und lediglich der erste ist durch ein echtes Gelenk mit dem Sternum verbunden, die anderen sind mit diesem verschmolzen (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987d).

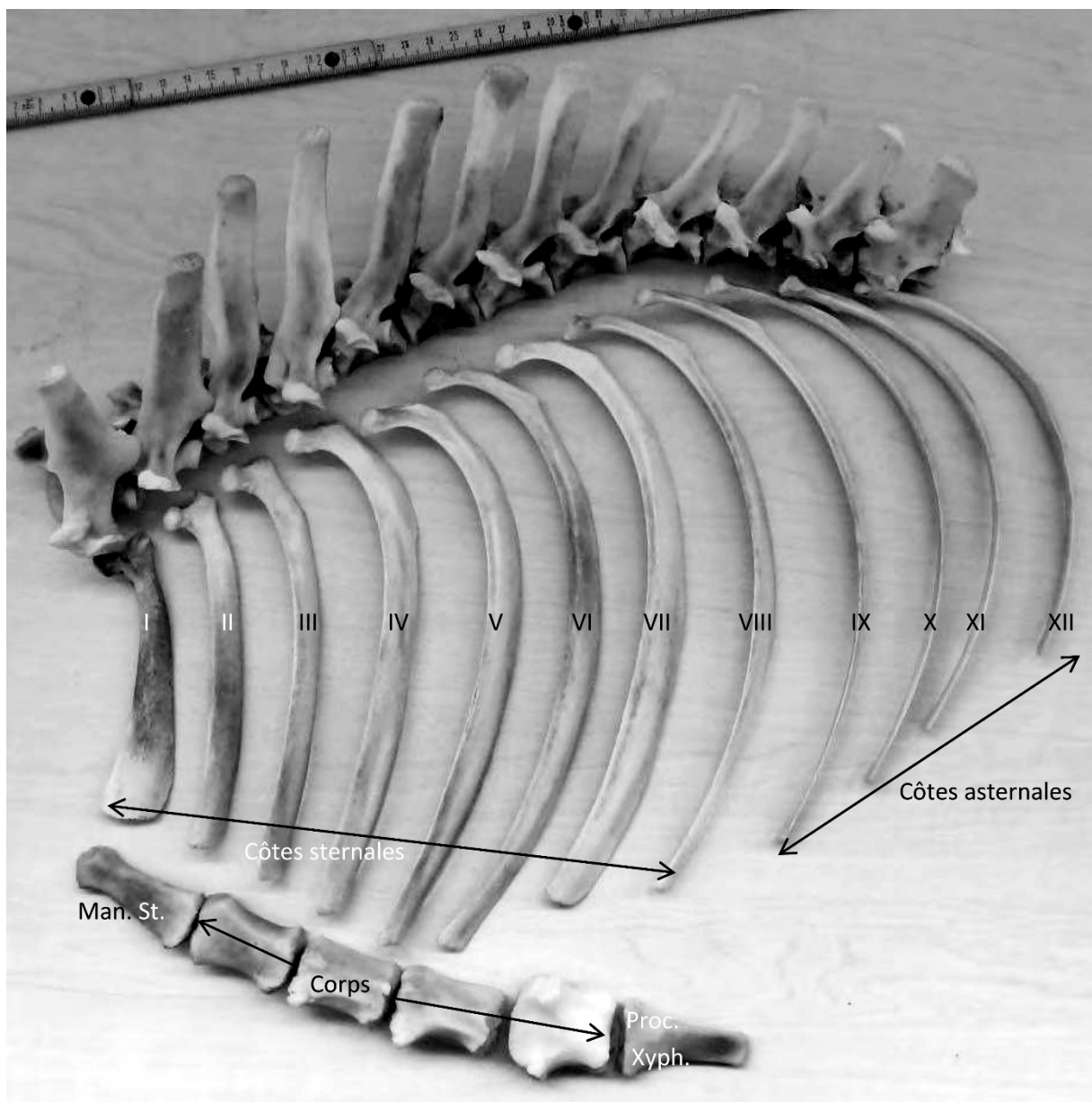


Abb. 1: Thoraxskelett des Alpakas (laterale Ansicht) nach Azzopardi (AZZOPARDI, 2012)

### 2.2.1.3 Sternum

Beim Alpaka besteht es aus sechs Sternebrae. Das Manubrium ist konisch und hat auf jeder Seite eine längliche Verbindungsfläche für den ersten Rippenknorpel. Die Sternebrae des Brustbeinkörpers sind seitlich abgeflacht (AZZOPARDI, 2012).

Das Brustbein des *Vicugna pacos* wird aus sechs Sternebrae gebildet. Es hat die Form eines kleinen Kanus, welches kranial sowie kaudal abgeflacht ist und in der Mitte zylindrisch, wobei die dorsale Fläche in ihrer Gesamtheit konkav ist. Die ersten beiden Sternebrae sind dorsoventral abgeflacht, wobei sie kranial stärker eingezogen sind als

kaudal. Die anderen Sternebrae sind in ihren Dicken einheitlich, wobei der sechste etwas dünner ist. Von oben gesehen ist die erste Sternebra konkav. Ventral findet man an der zweiten bis vierten Sternebra eine Längsrinne, an der dritten und vierten befindet sich dorsal eine kleine Erhebung in Längsrichtung (PACHECO TORRES et al., 1986).

Das Sternum des Trampeltieres ist sehr massiv und verläuft schräg von vorne oben nach hinten unten (LESBRE, 1903a). Dem Sternum des Lamas und des Trampeltieres sitzt kranial der Habichtsknorpel auf, gefolgt von sechs Sternebrae. Diese sind zu den Seiten hin abgeflacht (LESBRE, 1903a, 1903b; FOWLER, 2010b). Die dorsale Seite des Sternums der Trampeltiere ist flach. An seiner Unterseite erhebt sich auf Höhe der vierten Sternebra ein starker Grat, der bis zur sechsten Sternebra wieder abflacht. Die fünfte Sternebra wird an ihrer Unterseite in der Mitte durch eine Nut in zwei seitliche Flügel geteilt. Insgesamt verwächst das Sternum bei den Trampeltieren erst später als bei anderen Wiederkäuern und die vorderen Anteile bleiben meist unabhängig voneinander (LESBRE, 1903a). Zwischen den Sternebrae liegen die Incisurae costales der ersten bis siebten Rippe. Kaudal befindet sich der Processus xiphoideus mit der Cartilago xiphoidea (GALOTTA, 1994).

Das Sternum der Dromedare besteht aus einem Manubrium sterni, sieben Sternebrae, einem Proc. xiphoideus und einem Cartilago xiphoidea. Es ist bootförmig und seine Teile sind untereinander, wie auch mit den Rippen, durch knorpelige Synchondrosen verbunden, die im Alter unterschiedlich stark verknöchern. Ventral, entlang der Medianen zieht, über die letzten beiden Sternebrae, eine tiefe Rinne. (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987d)

#### 2.2.1.4 Zwerchfellknochen

Im tendinösen Teil des Zwerchfells der Kamele befindet sich das Os diaphragmatis<sup>1</sup>, ein Zwerchfellknochen (LEUCKARDT, 1833; MASKAR, 1957). Dieser drei- zum Teil viereckige Knochen findet sich bei den meisten Kamelen (Abb. 3). Es handelt sich zunächst um eine knorpelige Verstärkung, die in Form und Größe individuell variiert. Er liegt ventral des Hiatus oesophageus und links des Foramen venae cavae, weshalb er vermutlich das Offenhalten des Venenlumens bei Inspiration und bei möglicher

---

<sup>1</sup> Der Begriff „Os diaphragmatis“ ist nicht in den Nomina anatomica veterinaria enthalten.

Einengung durch die Vormagentätigkeit sicherstellt. Des Weiteren dient er als Ansatz für die Sehnenfasern des ausgeprägten Centrum tendineum und den Lippen des Hiatus oesophageus (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a).

Marie Azzopardi hat keinen Zwerchfellknochen in dem von ihr untersuchten Alpaka darstellen können (AZZOPARDI, 2012).

## 2.2.2 Muskeln des Brustkorbes

Die Muskulatur, die am Brustkorb entspringt oder ansetzt lässt sich in folgende Untergruppen gliedern: die Schultergürtelmuskulatur, die Hals- und Rückenmuskulatur, die Atmungsmuskulatur, auf welche im Folgenden genauer eingegangen wird, sowie die Bauchmuskulatur, welche bei Atemproblemen zur Unterstützung der Atmungsmuskeln verstärkt herangezogen werden kann.

Des Weiteren befinden sich Hautmuskeln nur an Kopf und Präputium des Dromedars (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a). Beim Lama ist ein M. cutaneus trunci seitlich am Brustkorb zu finden, der kaudal in die Fascia thoracolumbalis einstrahlt (MCCRACKEN et al., 2013).

### 2.2.2.1 Atmungsmuskeln

#### 2.2.2.1.1 Mm. intercostales

Die Mm. intercostales des Trampeltieres sind gut entwickelt, die externen bedecken mehr oder weniger die Rippen und neigen dazu miteinander zu verschmelzen (LESBRE, 1903a). Die Mm. intercostales externi liegen beim Dromedar oberflächlich zwischen den Rippen und dienen der Inspiration. Ihre Fasern verlaufen kaudoventral. In den hinteren Zwischenrippenräumen sind sie nur noch als schmaler Streifen zu erkennen (Abb. 2) (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a). Beim Alpaka bestehen diese Muskeln laut Medina Sparrow (MEDINA SPARROW, 1995) aus zehn Muskelpaaren, welche einen Teil der drei Schichten zwischen den Rippen bilden. Sie sind an den Seitenflächen der Rippen befestigt und füllen die ersten zehn IKR aus. Sie entspringen am kaudalen Rand der Rippen und ziehen zum kranialen und lateralen Rand der vorhergehenden Rippe. Ihre Fasern verlaufen schräg kaudoventral und enthalten reichlich Faszien. Im letzten IKR ist dieser Muskel nicht zu finden.

Die Mm. intercostales interni des Dromedars liegen unter den externen und sind besser ausgebildet als diese. Ihre Fasern verlaufen kranioventral und dienen der Expiration. In den letzten beiden Zwischenrippenräumen sind nur die Mm. intercostales interni zu finden (Abb. 2). In den 5.-7. Zwischenknorpelräumen sind sie ebenfalls erkennbar, die anderen Zwischenknorpelräume sind mit Fett und Bindegewebe gefüllt. Die Mm. intercostales werden von ventralen Äste der Thorakalnerven innerviert (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a).

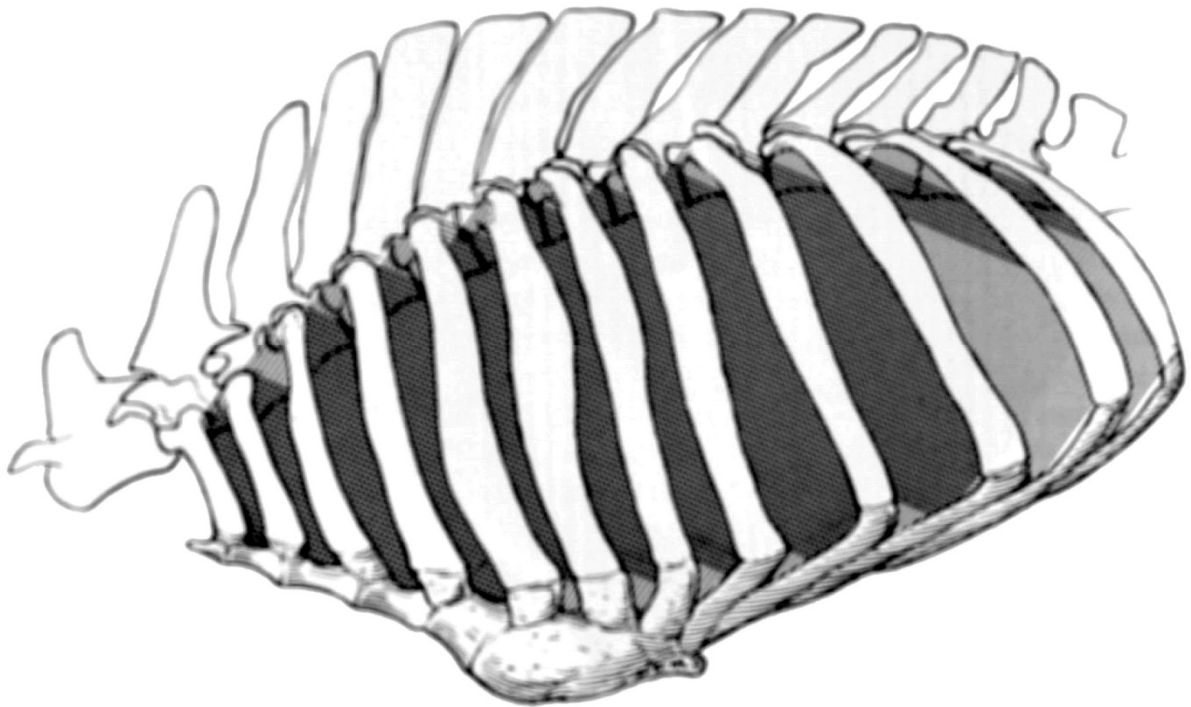


Abb. 2: Der Brustkorb des Dromedars nach Smuts und Bezuidenhout (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a)

Die hellgrauen Schattierungen zeigen die Bereiche, in denen nur die Mm. intercostales interni zu finden sind. Die dunkelgrauen Schattierungen zeigen die Lage der Mm. intercostales externi in den Zwischenrippenräumen.

---

Beim Alpaka handelt es sich um elf Muskelpaare, welche alle IKR ausfüllen und die tiefe Schicht der Rippenregion bilden. Sie haben einen kranioventralen Faserverlauf vom kranialen Rand der jeweiligen Rippe zum kaudalen Rand, sowie zur medialen Fläche der vorhergehenden Rippe (MEDINA SPARROW, 1995).

#### 2.2.2.1.2 M. rectus thoracis

Der schmale M. rectus thoracis des Dromedars besteht aus drei Faserbündeln, die den ventralen Raum der ersten drei Rippen überspannen und als Inspiratoren wirken. Seine dorsale Grenze geht in die ventrale des M. serratus ventralis über (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a). Lesbrequet (LESBRE, 1903a) beschreibt ihn für das Trampeltier als M. transversus costae (M. transversal des côtes). Er nimmt die gewohnte Position an der Oberfläche der Rippen ein. Er erstreckt sich von der hinteren Grenze der ersten Rippe an den vorderen Rand der vierten Rippe, zwischen dem M. serratus ventralis und dem Sternum. Zu bemerken ist, dass er vollkommen unabhängig vom M. rectus abdominis ist. Beim Lama bedeckt der M. rectus thoracis (M. transversal des côtes) den unteren Rand des M. serratus ventralis und inseriert an der fünften Rippe mit einer langen, flachen Sehne, ohne sich mit dem M. rectus abdominis zu verbinden (LESBRE, 1903b). Beim Alpaka ist dies ein dünner Muskel, welcher schräg über die Seitenfläche der sternalen Enden der ersten drei Rippen zieht. Sein Ursprung ist die laterale Fläche der ersten Rippe auf Höhe des ersten Sternokostalgelenkes, sein Ansatz ist der laterale Rand des Sternums auf Höhe des fünften Sternokostalgelenkes (MEDINA SPARROW, 1995).

#### 2.2.2.1.3 Mm. levatores costarum

Die Mm. levatores costarum werden beim Dromedar vom M. iliocostalis bedeckt und ziehen von den Brustwirbeln 1-11 zu den Rippen. Ventral sind sie teilweise mit den Mm. intercostales externi verschmolzen und dienen als Inspiratoren. Innerviert werden sie durch dorsale Äste der Thorakalnerven (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a). Lesbrequet (LESBRE, 1903b, 1903a) beschreibt ihn weder für das Trampeltier, noch für das Lama. Medina Sparrow (MEDINA SPARROW, 1995) weist darauf hin, dass das Alpaka keine Mm. levatores costales hat, wie sie bei anderen Spezies vorkommen.

#### 2.2.2.1.4 M. serratus dorsalis caudalis

Der M. serratus dorsalis caudalis besteht beim Dromedar aus drei flachen Muskeln an den letzten drei Rippen, die nach kaudodorsal ziehen und in die Fascia thoracolumbalis einstrahlen. Er dient als Expirator (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a). Der M. serratus dorsalis caudalis (Expiration) des Trampeltieres setzt an den vier letzten Rippen an, indem er gezahnt die Sehnenplatte durchsetzt. Es ist möglich, dass man diese Muskelansätze an der neunten oder sogar an der neunten und zehnten Rippe übersieht, da sie oftmals sehr fein sind (LESBRE, 1903a). Der kleine M. serratus dorsalis caudalis des Lamas besteht nur aus vier Zähnen (LESBRE, 1903b).

Medina Sparrow (MEDINA SPARROW, 1995) beschreibt diesen Muskel beim Alpaka, wobei er anführt, dass hier nur die kaudalen Anteile zu finden sind. Genauer handelt es sich um vier Muskelstränge, die an der lateralen Oberseite sowie dem kaudalen Rand im mittleren und proximalen Drittel der letzten Rippen ansetzen. Er besteht aus vier einzelnen Segmenten, welche sich dorsal aponeurotisch treffen und so einen Teil der Fascia thoracolumbalis bilden. Seine Fasern verlaufen in Längsrichtung.

#### 2.2.2.1.5 M. serratus dorsalis cranialis

Beim Dromedar konnte kein M. serratus dorsalis cranialis beschrieben werden (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a). Der M. serratus dorsalis cranialis fehlt beim Trampeltier (LESBRE, 1903a), sowie beim Lama (LESBRE, 1903b). Medina Sparrow (MEDINA SPARROW, 1995) berichtet, dass beim Alpaka ebenfalls nur die kaudalen Anteile des Muskels zu finden sind, nicht aber die kranialen.

#### 2.2.2.1.6 M. transversus thoracis

Der M. transversus thoracis des Dromedars liegt den 3.-7. Sternebrae dorsal auf und zieht vom Lig. sterni nach lateral an die 3.-7. Rippe. Bedeckt von ihm liegen die A. und V. thoracica interna und er dient der Expiration (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a). Beim Trampeltier erwähnt Lesbre (LESBRE, 1903a) die Anwesenheit eines „M. triangulus“ des Sternums, beschreibt diesen aber nicht genauer. Beim Alpaka beschreibt Medina Sparrow (MEDINA SPARROW, 1995) diesen Muskel als flach, welcher den Boden der Brusthöhle bedeckt. Er erstreckt sich von der ersten bis zum



sechsten Sternebra und bedeckt die Zwischenräume zwischen den Rippenknorpeln von der zweiten bis zur sechsten Rippe. Sein Faserverlauf ist quer zur Längsmittlebene. Seinen Ursprung bildet die dorsale Fläche des Sternums, seinen Ansatz die Rippenknorpel 2-6.

#### 2.2.2.1.7 M. retractor costae

Der fleischige, dreieckige M. retractor costae zieht beim Dromedar vom Proc. transversus des 2.-5. Lendenwirbels zur letzten Rippe (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a). Lesbre (LESBRE, 1903a, 1903b) beschreibt ihn weder für das Trampeltier, noch für das Lama. Medina Sparrow (MEDINA SPARROW, 1995) weist darauf hin, dass das Alpaka keinen M. retractor costae hat.

#### 2.2.2.1.8 Diaphragma

Das Zwerchfell des Dromedars (Abb. 3) gleicht weitgehend dem anderer Säugetiere. Die Aorta zieht zwischen dem größeren rechten und dem kleineren linken Zwerchfellpfeiler hindurch. Über der Aorta zieht eine muskuläre Brücke, vom rechten zum linken Pfeiler. Der rechte Pfeiler hat seinen sehnigen Ursprung am 4.-5. Lendenwirbel, die Sehne des linken Pfeilers am 3.-4. Lendenwirbel. Der rechte Pfeiler teilt sich am Hiatus oesophageus, unter welchem sich der Zwerchfellknochen befindet. Rechts des Knochens liegt das Foramen venae cavae. Das Zwerchfell selbst besteht aus einem sehnigen Teil (Centrum tendineum) und einem muskulären Teil, welcher in eine Pars lumbalis (mit den Zwerchfellpfeilern), eine Pars costalis und eine Pars sternalis eingeteilt wird (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a).

Beim Zwerchfell der Trampeltiere fällt laut Lesbre (LESBRE, 1903a) die extreme Entwicklung der Zwerchfellpfeiler auf, die einen großlumigen Sphinkter für den Durchtritt des Ösophagus bilden. Man kann mehr oder weniger deutlich fünf fleischige Strahlen unterscheiden, die von der einheitlichen sublumbalen Sehne wegziehen: zwei relativ kleine laterale und drei intermediäre lange und starke. Der Ösophagus passiert zwischen dem rechten intermediären und dem mittleren intermediären Zwerchfellpfeiler. Die Aorta zwischen dem linken lateralen Pfeiler und dem linken intermediären.

Wie auch beim Rind setzt der periphere Rand des Zwerchfells auch beim Trampeltier nicht genau an der letzten Rippe und dem Kreis der Rippenknorpel an; aber dieser Ansatz ist weit weniger nach kranial versetzt als bei anderen Tieren. Eine weitere Besonderheit des Zwerchfells der Kamele besteht in der Anwesenheit eines Knöchelchens im Zentrum des Muskels, neben dem Foramen venae cavae. Er ist abgeflacht, unregelmäßig kreisförmig, misst 22 x 21 mm und ist vergleichbar mit einem Sesambein in der Mitte des Zwerchfells, wie um den Durchtritt der Vene zu unterstützen und dessen unveränderte Öffnung sicherzustellen (LESBRE, 1903a).

Das Zwerchfell des Lamas ist in jeder Beziehung dem des Trampeltieres ähnlich, wir fanden in seiner Wanddicke, zwischen dem Foramen venae cavae und dem Hiatus oesophageus einen kleinen Zwerchfellknochen, wie er bereits beim Vikunja und bei zweien der Trampeltiere berichtet worden ist. Es scheint als ob das ein gemeinsames Merkmal der Kameliden sei (LESBRE, 1903b).

Die Ansatzlinie des Zwerchfells, innen am Brustkorb, verläuft ca. 23 cm kranial der Verbindung von Rippe und Rippenknorpel. Dann verläuft sie über den Mittelteil der 12. Rippe und endet ca. 4 cm kaudal dieser Rippe (FOWLER, 2010d).

Das Zwerchfell wird vom N. phrenicus innerviert, welcher als motorischer Nerv aus den ventralen Ästen der 5. und 6. Halsnerven entspringt (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987f).

Das Zwerchfell des Alpakas ist ein kuppelförmiger Muskel, der die Brust- von der Bauchhöhle trennt. Die brustseitige Oberfläche ist konvex und mit der Pleura parietalis überzogen, während die Abdominalfläche konkav ist und von Peritoneum überzogen ist. Der Muskel hat einen fleischigen Teil in seinen Seitenwänden und einen aponeurotischen, sehnigen Anteil, welcher sich zentral, ventral und dorsal an jeder Seite befindet. Diese Abschnitte können in einen vertebrale, einen kostalen und einen sternalen Teil gegliedert werden. Der vertebrale Teil weist ein Crus dextrum und sinistrum auf, welche sich vom elften Rippenpaar bis zum zweiten Lendenwirbel erstrecken. Der Rippenteil ist muskulär, mit Fasern die schräg kaudoverstral laufen und von der sechsten zum letzten Rippenpaar ziehen (MEDINA SPARROW, 1995).

Das Centrum tendineum ist die Aponeurose des dorsalen und kranialen Teils des Muskels. Es besteht aus einer Serie von Fasern, welche in die gleiche Richtung wie die muskulären Portionen ziehen. Das Zentrum hat drei Öffnungen für Durchtritte:

A- den Hiatus aorticus, durch den die Aorta descendens und die V. azygos dextra treten. Es befindet sich zwischen dem rechten und linken Zwerchfellpfeiler.

B- das Foramen venae cavae caudalis: die Vena cava caudalis perforiert das Centrum tendineum einen Zentimeter rechts der Mitte und in der Nähe des Hiatus aorticus. Es ist ventral mit der Pfortader verknüpft.

C- den Hiatus oesophageus, er befindet sich im linken Flügel des Centrum tendineum (MEDINA SPARROW, 1995).

Der Ansatz des Zwerchfells lässt sich laut Medina Sparrow (MEDINA SPARROW, 1995) beim Alpaka folgendermaßen beschreiben: die Wirbelportion inseriert durch den rechten und linken Zwerchfellpfeiler am elften Rippenpaar und den beiden ersten Lendenwirbeln. Die Rippenportion inseriert an den Rippenknorpeln der letzten sechs Rippenpaare. Die Sternalportion inseriert am Xiphoid des Sternums und am M. transversus abdominis. Das Centrum tendineum ist an seiner Brustfläche in Berührung mit der Pleura parietalis und mediastinalis, an der Bauchfläche mit dem Peritoneum und den Pfeilern (MEDINA SPARROW, 1995).

Beim Dromedar beschreiben Smuts und Bezuidenhout (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a) einen Knochen im Centrum tendineum des Zwerchfells, wie auch schon Leuckardt (LEUCKARDT, 1833), Kölliker (KÖLLIKER, 1896) und Maskar (MASKAR, 1957). Brandt (VON BRANDT, 1841), Kölliker (KÖLLIKER, 1896) und Lesbrequet (LESBRE, 1903b) beschreiben diesen auch beim Lama. Beim Trampeltier wird er ebenfalls beschrieben (LESBRE, 1903a). Azzopardi konnte diesen Knochen beim Alpaka nicht darstellen (AZZOPARDI, 2012).

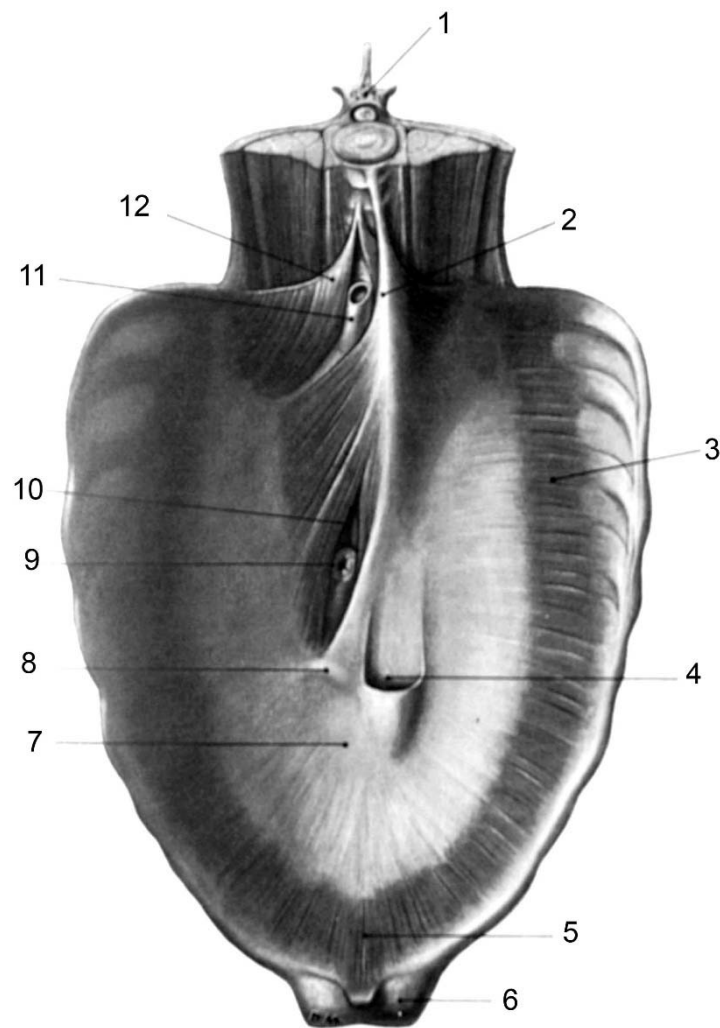


Abb. 3: Zwerchfell des Dromedars (Ansicht von kaudal) nach Smuts und Bezuidenhout (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a)

1 – fünfter Lendenwirbel; 2 – Crus dextrum; 3 – Pars costalis; 4 – Foramen venae cavae caudalis; 5 – Pars sternalis; 6 – Sternum; 7 – Centrum tendineum; 8 – Os diaphragmaticum; 9 – Ösophagus; 10 – Hiatus oesophageus; 11 – Aorta; 12 – Crus sinistrum

### 2.2.3 Gefäße des Brustkorbes

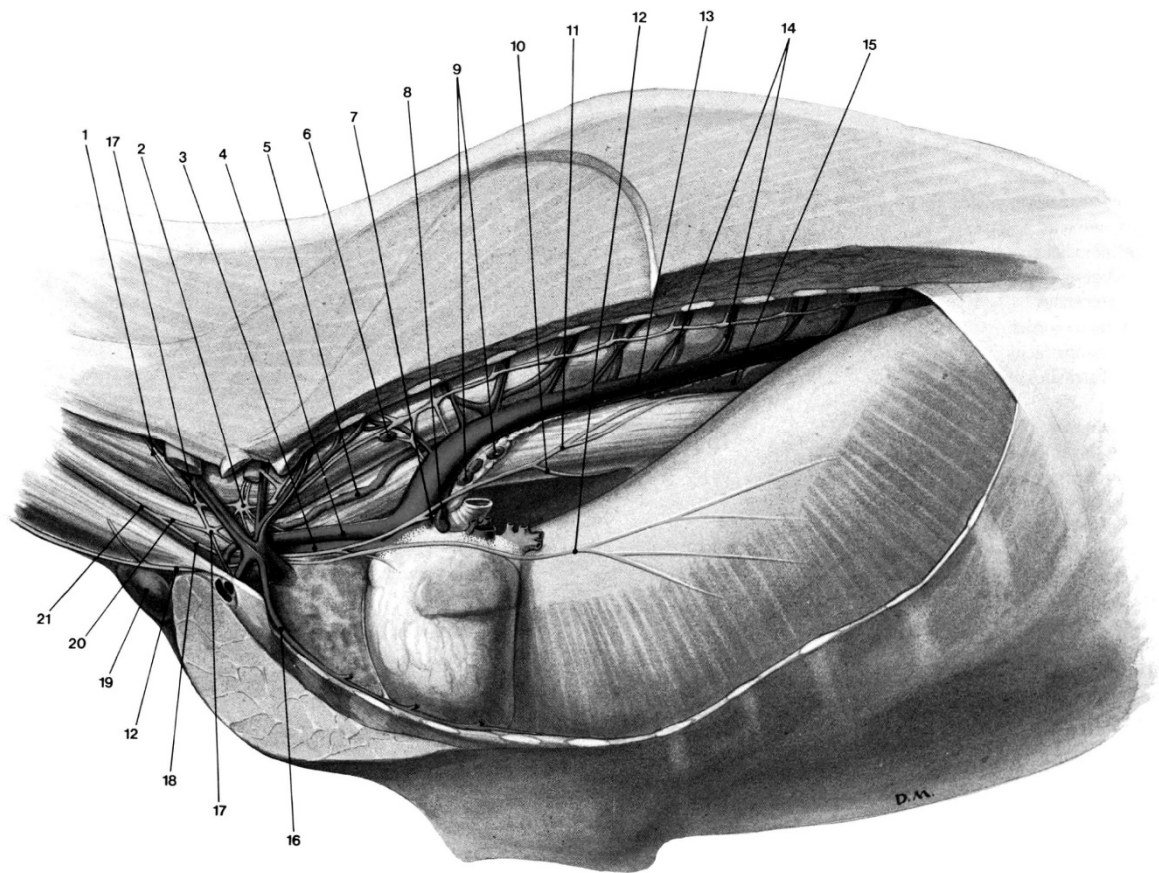


Abb. 4: Gefäße und Nerven des Thorax des Dromedars (seitliche Ansicht von links) nach Smuts und Bezuidenhout (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987f)

1 – N., A. und V. vertebralis; 2 – Ganglion cervicothoracicum; 3 – Truncus brachiocephalicus; 4 – A. subclavia sinistra; 5 – Ductus thoracicus; 6 – Lnn. thoracici aortici; 7 – N. laryngeus recurrens; 8 – Lnn. tracheobronchiales sinistri; 9 – Lnn. mediastinales medii; 10 – Truncus vagalis ventralis; 11 – Truncus vagalis dorsalis; 12 – N. phrenicus; 13 – Aorta thoracica; 14 – Aa. intercostales dorsales; 15 – Lnn. mediastinales caudales; 16 – A. thoracica interna; 17 – Ganglion cervicale medium; 18 – N. vagus; 19 – Lnn. cervicales superficiales ventrales; 20 – Truncus sympathicus; 21 – Truncus vagosympathicus

#### 2.2.3.1 Arterien des Brustkorbes

##### 2.2.3.1.1 Truncus pulmonalis

Der Conus arteriosus des rechten Ventrikels bildet den Ursprung für den Truncus pulmonalis, der durch das Lig. arteriosum (Ductus arteriosus) mit der Aorta verbunden

ist. Der Truncus pulmonalis teilt sich beim Dromedar in eine A. pulmonalis sinistra und dextra, welche zu den entsprechenden Lungen ziehen (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b).

#### 2.2.3.1.2 Aorta

Die Aorta des Trampeltieres ist wie bei den anderen Vierfüßern positioniert, das heißt sie beschreibt nach ihrem Ursprung aus dem linken Ventrikel einen Viertelkreis und läuft entlang der Halswirbelsäule bis zum Eintritt in das Becken. An ihrem Ursprung übertrifft sie auf einer Länge von 10 cm die Ausmaße des Rindes. Sie gibt zwei Koronararterien ab (LESBRE, 1903a).

Die Aorta des Dromedars und des Alpakas zieht im Arcus aortae nach kaudal und entlässt den Truncus brachiocephalicus und die A. subclavia sinistra. Der Truncus brachiocephalicus gibt den Truncus bicaroticus ab und wird dann zur A. subclavia dextra (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b; PÉREZ et al., 2018).

Die Aorta ascendens zieht beim Dromedar nach kaudal und wird zur Aorta descendens, welche in die Aorta thoracica und die Aorta abdominalis unterteilt werden kann. Die Aorta thoracica gibt die A. broncho-oesophagea (teilt sich in einen R. bronchialis, zu Trachea, Bronchien und Lungen und in einen R. oesophageus, zum thorakalen Teil des Oesophagus) und die paarigen Aa. intercostales dorsales sowie Rami oesophagei und Rami mediastinales ab (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b).

Die A. phrenica caudalis, welche die Pars lumbalis des Zwerchfells versorgt, entspringt aus der letzten A. intercostalis, der letzten Lumbalarterie oder direkt aus der Aorta. Die Aorta thoracica zieht zwischen den beiden Zwerchfellschenkeln hindurch, um in der Abdominalhöhle die Aorta abdominalis zu bilden (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b). Lesbre (LESBRE, 1903a) beschreibt eine sehr kurze, manchmal fehlende „aorte antérieure“ beim Trampeltier, die sich in zwei „troncs brachiaux“ teilt. Bei einem von Lesbres Fällen entspringen die beiden „troncs brachiaux“ aus dem Aortenbogen, indem ihre beiden Ursprünge direkt aneinanderstoßen. Von den drei Tieren die Lesbre untersucht hat, hatten zwei eine kurze „aorte antérieure“, das dritte hatte diese nicht (LESBRE, 1903a).

Beim Lama gibt es keinen einheitlichen Truncus brachiocephalicus, die beiden Aa. subclaviae entspringen getrennt voneinander und im Abstand zum Aortenbogen,

während sie sich beim Trampeltier verbinden und eine „aorte antérieure“ mehr oder weniger deutlich bilden (LESBRE, 1903b).

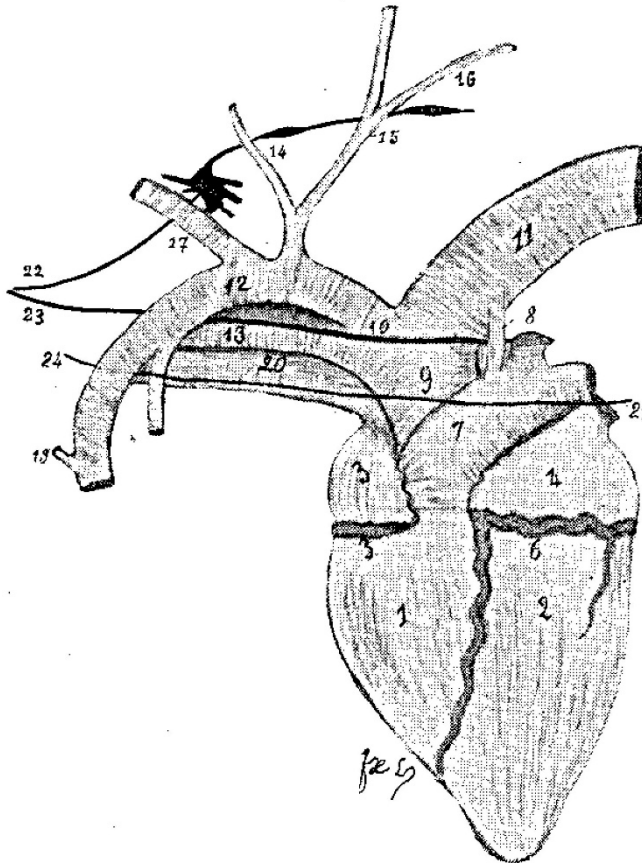


Abb. 5: Herz des Trampeltieres, Ansicht von links (LESBRE, 1903a)

	Bezeichnung nach Lesbre 1903	Bezeichnung nach Nomina Anatomica Veterinaria
1	ventricule droit	Ventriculus cordis dexter
2	ventricule gauche	Ventriculus cordis sinister
3	oreillette droit	Auricula dexter
4	oreillette gauche	Auricula sinister
5	artères coronaires	A. coronaria sinistra R. ventriculi dextri
6	artères coronaires	A. coronaria sinistra R. circumflexus
7	artère pulmonaire	Truncus pulmonalis
8	vestige du canal artériel	Ligamentum arteriosum
9	tronc aortique	Aorta ascendens
10	aorte antérieure	Truncus brachiocephalicus
11	aorte postérieure (crosse)	Aorta descendens
12	tronc brachial gauche	A. subclavia sinistra
13	tronc brachio-céphalique	Stamm der A. subclavia dextra und des Truncus bicaroticus
14	artère cervicale supérieure	A. cervicalis profunda
15	artère dorsale	Truncus costocervicalis

16	rameau sous-costal de l'artère dorsale	A. intercostalis suprema
17	artère vertébrale	A. vertebralis
x	thoracique interne	A. thoracica interna
19	cervicale inférieure	A. cervicalis superficialis
20	veine cave antérieure	V. cava cranialis
21	veine pulmonaire du poumon gauche	V. pulmonalis der linken Lunge
22	chaîne sympathique montrant le ganglion cervical inférieur et les deux premiers ganglions dorsaux	Truncus sympathicus mit Ganglion cervicothoracicum und die beiden ersten Ganglia vertebralia
23	nerf pneumogastrique gauche	N. vagus sinister
24	nerf diaphragmatique gauche	N. phrenicus sinister

Tabelle 1: Legende zu Abb. 5

Die Aorta des Alpakas entspringt der Basis des linken Ventrikels und zieht dorsokranial zwischen der Pulmonalarterie und dem rechten Herzohr. Die Aorta ascendens misst beim Alpaka auf Höhe des Bulbus aortae 2-2,6 cm im Durchmesser. Der Aortenbogen misst im zweiten IKR 1,7 - 2,2 cm. Auf Höhe des vierten Brustwirbels wird sie zur Aorta thoracica, welche kaudal zieht und ventral der Wirbelkörper liegt. Sie erreicht den Hiatus aorticus auf Höhe des zweiten bis dritten Lendenwirbels (LOPEZ JIMENEZ, 1971).

#### 2.2.3.1.3 Aufzweigung der Aorta

##### Truncus brachiocephalicus

Der Truncus brachiocephalicus gibt beim Dromedar und beim Alpaka den Truncus bicaroticus ab und wird dann zur A. subclavia dextra (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b; PÉREZ et al., 2018). Die „trons brachiaux“ des Trampeltieres haben die gewöhnliche Anordnung, das heißt der rechte („tronc brachiocéphalique“) ist voluminöser als das linke Gefäß und gibt als letztes den „tronc commun“ der beiden Carotisarterien ab. Der „tronc brachiocéphalique“ ist geradlinig und unter der Trachea gelegen, der linke Gefäßstamm erhebt sich seitlich der Röhre und beschreibt eine nach oben liegende Konvexität. Beide ziehen um den vorderen Rand der ersten Rippe, um sich als „artère humérale“ unter dem Ansatz des M. scalenus medial am Schulterblatt fortzusetzen. Sie geben ab: den „tronc commun de la cervicale supérieure et dorsale“, die A. vertebralis, die A. thoracica interna, die „cervicale



inférieure“, die A. thoracica externa, die A. suprascapularis sowie die A. subscapularis (LESBRE, 1903a).

#### A. subclavia sinistra

Die A. subclavia sinistra und dextra des Dromedars sowie des Alpakas versorgen hauptsächlich das Vorderbein und die vordere Thoraxwand. Im Thorax geben sie folgende Gefäße ab: den Truncus costocervicalis, die A. vertebralis, die A. thoracica interna sowie die A. cervicalis superficialis (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b; PÉREZ et al., 2018):

#### Truncus costocervicalis

Dieser verläuft beim Dromedar dorsal und gibt einen R. cervicalis profundus ab, welcher durch den ersten Interkostalspalt zieht, um die tiefen Muskeln der Nackenbasis zu versorgen. Der Truncus läuft kaudal als A. intercostalis suprema weiter, welche die ersten zwei bis drei Aa. intercostales dorsales abgibt. Jede dieser Arterien gibt einen langen, dorsalen Ast, R. dorsalis, ab, welcher zwischen dem M. iliocostalis und dem M. longissimus auftaucht und die Muskeln der Region versorgt. Ein R. spinalis zieht durch das Foramen intervertebrale, um das Rückenmark und die umgebenden Strukturen zu versorgen (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b). Auch beim Alpaka entspringen die ersten drei Aa. intercostales dorsales aus dem Truncus costocervicalis. Die anderen Aa. intercostales dorsales entspringen der Aorta thoracica (PÉREZ et al., 2018).

#### A. vertebralis

Sie entspringt beim Dromedar unabhängig oder mit dem Truncus costocervicalis. Sie zieht dorsokranial, gibt die A. cervicalis profunda kranial der ersten Rippe ab und tritt dann, zwischen dem sechsten und siebten Brustwirbel, in das For. intervertebrale ein. Hier zieht sie nach kranial und verläuft zum Teil im Spinalkanal und teilweise im Canalis transversarius. Dort gibt sie Rr. spinales als Anastomose zur A. spinalis ventralis und Rr. musculares ab, welche durch die Foramina intervertebralia ziehen, um umgebende Muskeln zu versorgen. Anschließend anastomosiert die A. vertebralis mit der A. occipitalis in Höhe des Atlas (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b).

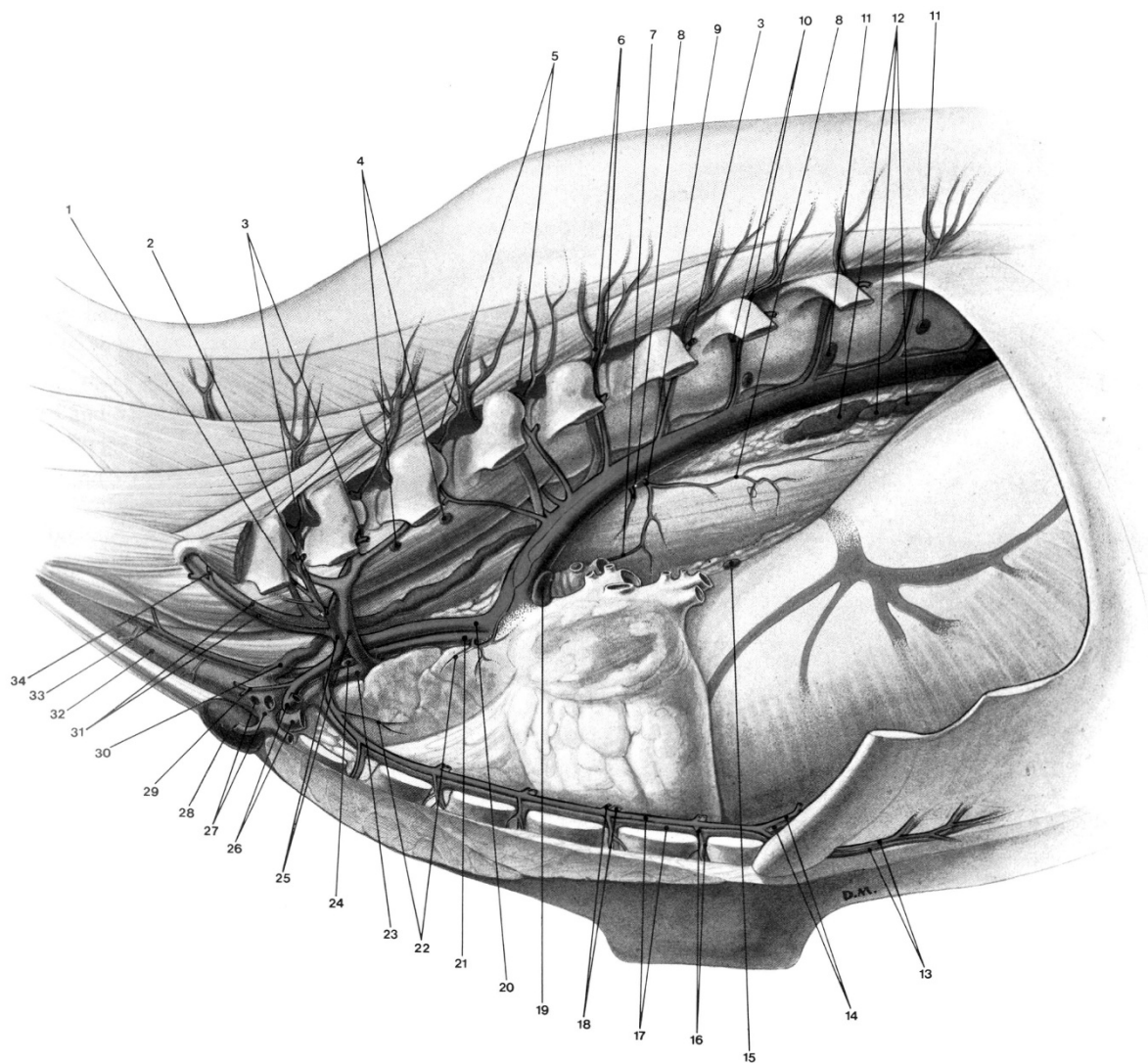


Abb. 6: Arterien und Venen des Thorax des Dromedars (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b)

1 – R. cervicalis profunda; 2 – A. intercostalis suprema; 3 – Aa. intercostales dorsales; 4 – Lnn. intercostales; 5 – Rami spinales; 6 – Rami dorsales; 7 – R. bronchialis; 8 – Rami oesophagei; 9 – A. bronchooesophagea; 10 – Aa. und Vv. intercostales dorsales; 11 – Lnn. thoracici aortici; 12 – Lnn. mediastinales caudales; 13 – A. und V. epigastrica cranialis; 14 – A. und V. musculophrenica; 15 – Lnn. phrenici; 16 – Rami perforantes; 17 – A. und V. thoracica interna; 18 – Rami intercostales ventrales; 19 – Lnn. tracheobronchales sinistri; 20 – A. subclavia sinistra; 21 – Truncus brachiocephalicus; 22 – Rami thymici; 23 – V. subclavia; 24 – Lnn. mediastinales craniales; 25 – Truncus costocervicalis; 26 – A. und V. axillaris; 27 – Vv. thoracicae externae; 28 – Ln. cervicalis superficialis ventralis; 29 – A. cervicalis superficialis; 30 – Ductus thoracicus; 31 – A. und V. vertebralis; 32 – V. jugularis externa; 33 – A. carotis communis; 34 – A. cervicalis profunda

### A. thoracica interna

Dieses voluminöse Gefäß geht auf Höhe der ersten Rippe ab und verläuft beim Dromedar und beim Trampeltier im Thorax nach kaudal, entlang der Rippenknorpelverbindungen. Sie gibt Rr. mediastinales, Rr. perforantes und Rr. intercostales ventrales ab. Auf Höhe des sechsten IKR teilt sie sich in die A. epigastrica cranialis und die A. musculophrenica, um die ventralen Bauchmuskeln und die Pars costalis des Zwerchfells zu versorgen (LESBRE, 1903a; SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b).

Die Rr. perforantes der A. thoracica interna des Trampeltieres sind sehr voluminös und versorgen den M. pectoralis, was erklärt weshalb die A. thoracica externa eher klein ist (LESBRE, 1903a).

### A. cervicalis superficialis

Sie verlässt beim Dromedar den Brustkorb medial der axillären Gefäße, um die oberflächlichen Strukturen des Halses und die Lnn. superficiales cervicales zu versorgen (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b).

Da Lopez Jimenez (LOPEZ JIMENEZ, 1971) sich als einziger näher mit den Arterien des Alpakas befasst, sind seine Ergebnisse hier separat aufgeführt:

Beim Alpaka entspringen aus dem Arcus aortae (LOPEZ JIMENEZ, 1971):

- die A. brachiocephalica
- die A. subclavia sinistra, zum Teil unabhängig voneinander zum Teil aus einem Truncus brachicephalicus communis
- der Ramus thymi entspringt normalerweise aus der A. thoracica interna, er hatte aber bei vier Tieren seinen Ursprung linkerhand aus dem Arcus aortae.

Die Aorta thoracica gibt beim Alpaka folgende Gefäße ab (LOPEZ JIMENEZ, 1971):

- die Aa. intercostales dorsales: entspringen dorsal aus der Aorta, wobei jedes Paar einen kleinen gemeinsamen Stamm hat. In allen untersuchten Tieren entspringt die dritte dorsale interkostale Arterie auf Höhe des Gelenkes zwischen dritten und vierten Brustwirbelkörper und zieht dann diagonal zum dritten IKR. Die anderen Interkostalarterien entspringen segmentweise in räumlichem Zusammenhang mit den entsprechenden Brustwirbeln.

- die A. costoabdominalis dorsalis und die A. subcostalis entspringen mit gemeinsamem Stamm dorsal der Aorta thoracica auf Höhe der letzten Brustwirbel, hinter der letzten Rippe.
- die Aa. lumbales deren thorakale Anteile, also die ersten beiden Paare der Lumbalarterien aus der Brustaorta kommen. Sie sind genauso wie die Interkostalarterien angeordnet.
- die drei Aa. phrenicae: die erste kann an drei verschiedenen Stellen aus der Aorta thoracica entspringen: aus der elften Interkostalarterie, aus der A. costoabdominalis dorsalis oder aus der ersten Lumbalarterie. Zwei kleinere Aa. phrenicae für die Zwerchfellpfeiler entspringen direkt aus der A. thoracica oder aus der ersten oder zweiten Lumbalarterie.

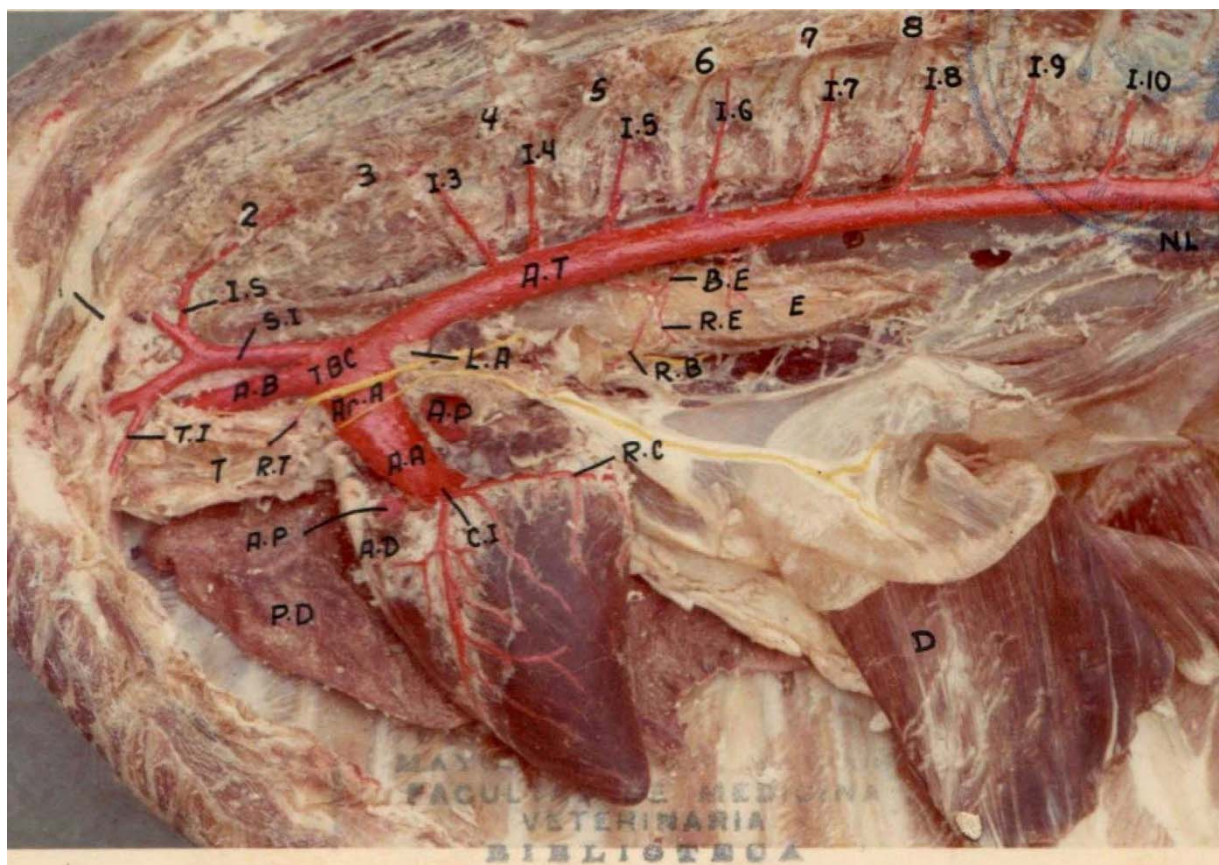


Abb. 7: Arterien des Brustkorbes des Alpakas nach Lopez Jimenez (LOPEZ JIMENEZ, 1971)  
(s. Legende und Schemazeichnung auf Seite 23)

Abb. 7 und Abb. 8: 1-12 – Rippen; 12-II1 – Aa. intercostales dorsales; A.A – Aorta ascendens; A.B. – A. brachiocephalica; A.D – Auricula dextra; A.I – Auricula sinistra; A.P. – A. pulmonalis; A.T – Aorta thoracica; Ar. A – Arcus aorticus; B.E. – A. bronchooesophagea; C.A.D – A. costoabdominalis dorsalis; C.I. – A. coronaria sinistra; D – Diaphragma; E. – Oesophagus; F-FI – Aa. phrenicae; H.O – Hiatus aorticus; I.S. – A. intercostales suprema; L.A – Lig. Arteriosum; L1-L2 – Aa. lumbales I und II; N.L – Lymphknoten; P.D. – Pulmonis dextra; R. E. – Ramus oesophageus; R.B. – Ramus bronchialis; R.T. – Ramus thymici; S.I. – A. subclavia sinistra; T – Thymus; T.B.C – Truncus brachiocephalicus communis; T.I – Thoracica interna

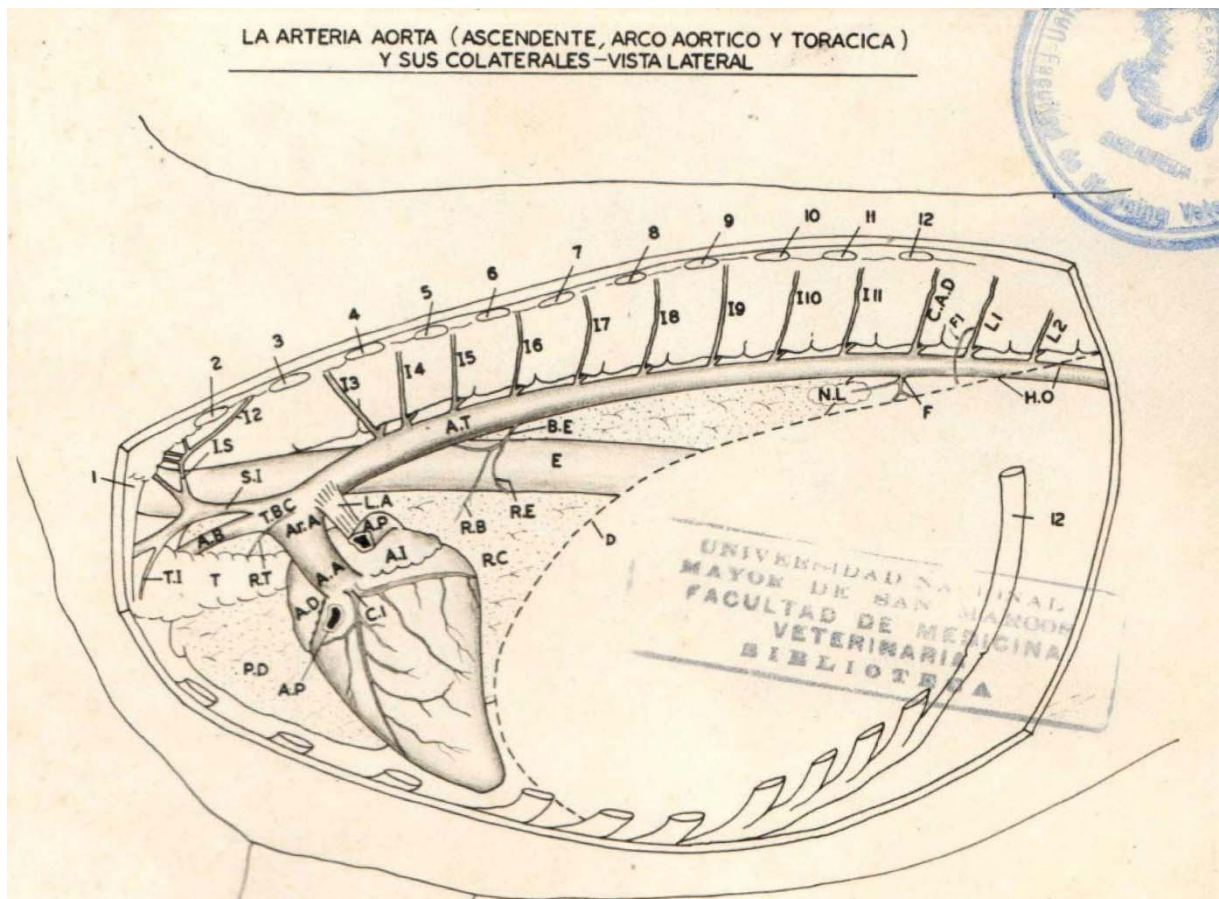


Abb. 8: Arterien des Brustkorbes des Alpakas nach Lopez Jimenez (Schemazeichnung) (LOPEZ JIMENEZ, 1971)



### 2.2.3.2 Venen des Brustkorbes

Beim Alpaka sind die beiden augenfälligen Venen im Brustkorb die V. cava cranialis und caudalis mit ihren zuführenden Venen. Die V. cava cranialis bildet sich aus den beiden Jugularvenen im Zusammenschluss mit den Vv. subclaviae. Hinzu kommen die V. costocervicalis, V. thoracica interna und die lange V. azygos dextra, welche aus den Vv. intercostales dorsales gespeist wird (PÉREZ et al., 2018). Lesbrequet (LESBRE, 1903a) gibt an, dass sich die Venen beim Trampeltier an den Arterien orientieren und wie bei anderen Wiederkäuern verhalten. Die handgelenkstarke Jugularvene liegt der A. carotis außen an (LESBRE, 1903a).

Die Vena jugularis und die Arteria carotis sind, anders als bei den meisten Arten, über den längsten Teil des Halses hinweg miteinander verbunden. Nur unterhalb des Kieferwinkels sind die Gefäße bei Lama und Alpaka deutlich durch den M. omohyoideus getrennt (TIMM et al., 2011).

#### 2.2.3.2.1 V. cervicalis superficialis

Sie drainiert beim Dromedar die oberflächlichen Strukturen der Nackenbasis und mündet in die V. jugularis externa oder die V. subclavia (Abb. 6) (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b).

#### 2.2.3.2.2 Vv. thoracicae externae

Hierbei handelt es sich um vier oder fünf Gefäße, welche beim Dromedar die Pectoralmuskeln in die V. jugularis externa oder die V. axillaris drainieren. Die linke und rechte V. jugularis externa vereinigen sich auf Höhe der ersten Rippe zur V. cava cranialis. Der Ductus thoracicus mündet in die V. jugularis externa oder die kraniale Hohlvene (Abb. 6) (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b).

#### 2.2.3.2.3 V. thoracica interna

Beim Dromedar entsteht diese Vene aus dem Zusammenschluss der V. epigastrica cranialis und der V. musculophrenica. Außerdem empfängt sie weitere Venen: die Vv. perforantes, die Vv. intercostales ventrales und die Vv. mediastinales, welche Bereiche

des Sternums, der Brustwand und des Mediastinums drainieren. Die V. thoracica interna mündet in die V. subclavia (Abb. 6) (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b).

#### 2.2.3.2.4 V. costocervicalis

Sie entsteht beim Dromedar aus dem Zusammenschluss der V. vertebralis, in welche die V. cervicalis profunda mündet, und der V. intercostalis suprema, welche die kraniale Thoraxwand mit folgenden Venen drainiert: Vv. intercostales dorsales, Vv. intervertebrales, V cervicalis profunda accessoria (Abb. 6) (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b).

#### 2.2.3.2.5 V. azygos dextra

Die lange V. azygos dextra des Alpakas empfängt das Blut aus den Vv intercostales dorsales (PÉREZ et al., 2018). Beim Dromedar drainiert diese Vene die Brustwand, sowie dorsokraniale abdominale und lumbale Teile der Körperwand. Sie entsteht aus den Vv. intercostales IV-XI, der V. costoabdominalis, den Vv. lumbales I et II und mündet in die V. cava cranialis (Abb. 6) (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b).

### 2.2.4 Nerven des Brustkorbes

Jeder Spinalnerv teilt sich beim Dromedar in einen R. dorsalis, welcher die dorsalen Muskeln und Hautareale versorgt, und einen R. ventralis, welcher ventrale Muskelgruppen, Haut und Beine innerviert. Bei den Spinalnerven des Thorax sind einige spezielle Nerven zu nennen:

- Die Nn. intercostales von den ventralen Ästen der ersten elf Brustnerven: Jeder interkostale Nerv gibt Äste (R. cutaneus lateralis und ventralis) an die Thoraxwand ab.
- Der N. intercostobrachialis ist ein sensorischer Nerv aus dem zweiten Interkostalnerven, der den Hautbereich des Trizeps innerviert.
- Der N. costoabdominalis ist der letzte (12.) Spinalnerv des Thorax (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987f).

Demmel (DEMMELE, 1980) veröffentlichte seine Ergebnisse über den N. vagus des Alpakas (s. Nerven Nerven).

---

## **2.3 Anatomie und Topographie der Brusthöhleingeweide**

### **2.3.1 Das Herz**

#### **Lage des Herzes**

Die Position des Herzes des Trampeltieres und des Alpakas und dessen Verhältnisse zur Rippenwand gleichen denen anderen Vierfüßer, mit dem Unterschied, dass die Oberfläche nicht so umfangreich von Lunge bedeckt ist, und der direkte Kontakt mit der Brustwand somit vergrößert ist, vor allem auf der linken Seite (LESBRE, 1903a; PÉREZ et al., 2018). Perez (PÉREZ et al., 2018) beschreibt die Lage des Herzes des Alpakas als im mittleren Mediastinum gelegen, mit kraniokaudaler Ausdehnung zwischen der dritten und sechsten Rippe. Dies ist auch für das Trampeltier beschrieben (LESBRE, 1903a). Beim stehenden Lama und Alpaka ist die Längsachse des Herzes nahezu waagrecht zur Wirbelsäule und parallel zu den Rippen. Es dehnt sich zwischen dem dritten und fünften IKR aus (SINGH, 2018). Die Basis cordis hat eine dorsokraniale Ausrichtung, während die Apex cordis kaudal und ventrolateral zeigt (PÉREZ et al., 2018). Die Spitze des Herzes des Trampeltieres liegt schräg auf dem Sternum im Winkel des Zwerchfellansatzes (LESBRE, 1903a).

#### **Form des Herzes**

Das Herz des Lamas ist mit dem des Dromedars, wie es Smuts beschreibt, ähnlich (FOWLER, 2010c). Lesbre beschreibt das Herz des Lamas als sehr spitz (LESBRE, 1903b). Das Herz des Dromedars hat eine spitzkegelige Form und gleicht makroskopisch dem Aufbau anderer Säugetiere (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b). Das Herz des Alpakas hat dorsal eine rundliche, nach ventral spitzkegelige Form (PÉREZ et al., 2018). Die Herzen der von Heath (HEATH et al., 1974) untersuchten Lamas wiegen zwischen 235 Gramm und 298 Gramm. Die vom Pericardium isolierten Herzen der von Pérez untersuchten adulten Alpakas wiegen 400 +/- 43 Gramm (PÉREZ et al., 2018). Das Herz des Alpakas misst 11,2 +/- 0,2 cm im horizontalen Querschnitt und 13,5 +/- 0,7 cm vom Sulcus coronarius zur Apex cordis (PÉREZ et al., 2018).



## **Perikard**

Das Perikard des Dromedars und des Alpakas umhüllt das Herz als Pericardium fibrosum zusammen mit der Lamina parietalis des Pericardium serosum und ist an den großen Gefäßen der Herzbasis befestigt. Als Lamina visceralis des Pericardium serosum bildet es das Epikard (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b; PÉREZ et al., 2018). Pérez gibt an, dass es beim Alpaka kein Ligamentum gibt, welches den Herzbeutel mit Sternum oder Zwerchfell verbindet (PÉREZ et al., 2018).

## **Aufbau des Herzes**

Der äußere Aufbau des Herzens des Alpakas unterscheidet sich nicht sonderlich von dem anderer Haussäugetiere und gleicht dem des Pferdes am meisten, wobei der apikale Teil beider Ventrikel etwas spitzer und der dorsale Teil des Herzes des Alpakas etwas rundlicher sind (PÉREZ et al., 2018).

Der fettgefüllte Sulcus coronarius des Dromedars trennt äußerlich die Vorhöfe von den Kammern. Der Sulcus interventricularis paraconalis (linke Längsfurche) und der Sulcus interventricularis subsinuosus (rechte Längsfurche) markieren die Lage des Septum interventriculare. Der tiefe Sulcus terminalis läuft zwischen dem rechten Herzohr und der V. cava cranialis. Aus dem Arcus aortae entspringt der Truncus brachiocephalicus und die A. subclavia sinistra. Der Conus arteriosus des rechten Ventrikels bildet den Ursprung für den Truncus pulmonalis, der durch das Lig. arteriosum (Ductus arteriosus) mit der Aorta verbunden ist (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b). Der rechte Vorhof besteht beim Dromedar aus dem fibrösen Sinus venarum cavarum und dem rechten Herzohr, Auricula dextra, das durch eine Vielzahl von Muskelbündeln, Mm. pectinati, gekennzeichnet ist. Zwischen den beiden Vorhöfen verläuft das Septum interatriale, in welchem die Fossa ovalis die Lage des fetalen Foramen ovale andeutet. Die muskuläre Crista terminalis trennt das rechte Herzohr von der V. cava cranialis. Das Tuberculum intervenosum liegt zwischen den Öffnungen von kranialer und kaudaler Hohlvene. Die Koronarvenen münden in den Sinus coronarius. Ventral führt das Ostium atrioventriculare dextrum vom Vorhof in den Ventrikel (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b).

Der linke Vorhof empfängt die Lungenvenen. Kranial beinhaltet das kleine linke Herzohr einige Mm. pectinati, ventral führt das Ostium atrioventriculare sinistrum in die linke Herzkammer (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b).

Im Ostium atrioventriculare dextrum befindet sich beim Dromedar die Valva atrioventricularis dextra, bestehend aus den Cuspis angularis, septalis und parietalis. Die freien Enden der Klappen sind durch die Chordae tendineae mit den Mm. papillares verbunden. Vom Septum zieht ein fibromuskuläres Band, Trabecula septomarginalis, zur lateralen Wand des rechten Ventrikels, welches den rechten Schenkel des His-Bündels beinhaltet. Der Truncus pulmonalis verlässt den Conus arteriosus am Ostium trunci pulmonalis, welches die Valva trunci pulmonalis beinhaltet (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b). Beim Alpaka sind Trabeculae septomarginales in beiden Ventrikeln des Herzes vorhanden, was auch beim Dromedar der Fall ist (GHONIMI, 2014b; PÉREZ et al., 2018). Die Trabeculae septomarginales sinistralae des Alpakas sind in geringerer Anzahl zu finden als die Trabeculae septomarginales dexter (PÉREZ et al., 2018).

Der topographische Aufbau des Ostium atrioventriculare und aortae, so wie die Beschaffenheit der Klappen des Herzes der Alpakas wies keine besonderen Unterschiede zu den Hauswiederkäuern auf (PÉREZ et al., 2018).

Im Ostium atrioventriculare sinistrum befindet sich beim Dromedar die Valva atrioventricularis sinistra, bestehend aus den Cuspis septalis und parietalis. Die freien Enden der Klappen sind durch die Chordae tendineae mit den Mm. papillares verbunden. Der linke Schenkel des His-Bündels liegt unter dem Endokard des Septum interventriculare. Die Aorta verlässt den linken Ventrikel durch das Ostium aortae, in welchem sich die Taschenklappe, Valva aortae befindet. Hier ist die Wand durch die Cartilago cordis verstärkt (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b). Die Mm. papillares in den von Pérez (PÉREZ et al., 2018) untersuchten Alpakas gleichen denen des Dromedars, wie sie von Ghonimi (GHONIMI, 2014a) beschrieben werden. Im rechten Ventrikel des Dromedars sind drei Mm. papillares zu finden, was auch beim Alpaka der Fall ist. Zwei davon sind an der septalen Wand lokalisiert, der dritte an der marginalen Wand. Im linken Ventrikel des Dromedars sind weniger, dafür stärkere Chordae tendinae zu finden. Wie beim Dromedar sind auch beim Alpaka zwei Mm. papillares und zwei Trabeculae septomarginales zu finden (GHONIMI, 2014a; PÉREZ et al., 2018). Pérez fand keine knöchernen oder knorpeligen Strukturen in den von ihm untersuchten Alpakaherzen (PÉREZ et al., 2018).

---

### **Koronargefäße**

Die Aorta des Dromedars und des Alpakas verlässt das Herz als Aorta ascendens, aus welcher die beiden Koronararterien entspringen. Die A. coronaria dextra verläuft entlang der Herzkranzfurche und zieht als R. interventricularis subsinuus in den Sulcus interventricularis subsinuus. Sie gibt auf ihrem Weg Äste an das Septum, das rechte Atrium und den rechten Ventrikel ab. Ebenso verhält es sich mit der A. coronaria sinistra, welche den R. interventricularis paraconalis in den Sulcus interventricularis paraconalis abgibt und dann in der Herzkranzfurche kaudal zieht und Rami septales, atriales und ventriculares abgibt (LOPEZ JIMENEZ, 1971; SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b; MUSTAFA, 2010). Beim Lama und Alpaka liegt eine Versorgung des Herzes vom rechtsseitigen Typ vor, da der R. interventricularis subsinuus von der A. coronaria dextra gespeist wird (THIERS, 2002; PÉREZ et al., 2018).

Die A. coronaria dextra des Alpakas zieht im Sulcus coronarius und anastomosiert dann mit der linken Koronararterie (LOPEZ JIMENEZ, 1971).

### **Venen des Herzes**

Das Myocardium wird beim Dromedar von den Venae cordis drainiert, die aus folgenden Gefäßen bestehen:

- 1) Die V. cordis magna verläuft im Sulcus interventricularis paraconalis und drainiert den linken Ventrikel, das linke Atrium und Teile des rechten Ventrikels. Sie mündet in den Sinus coronarius des rechten Atriums. Dies beschreibt Pérez auch für das Alpaka (PÉREZ et al., 2018).
- 2) Die V. cordis media verläuft im Sulcus interventricularis subsinuus und drainiert den kaudalen Teil des linken und rechten Ventrikels und mündet in den Sinus coronarius oder direkt in das rechte Atrium. Dies beschreibt Pérez auch für das Alpaka (PÉREZ et al., 2018).
- 3) Die Vv. cordis dextrae drainieren den rechten Ventrikel und das rechte Atrium und münden direkt in dieses.

Das linke Atrium empfängt Blut von den Lungen durch die Vv. pulmonales. Jeder Lappen hat seine eigene Vene, die direkt in das linke Atrium zieht, oder sich mit anderen Lungenvenen zusammenschließt (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b).

### 2.3.2 Trachea und Lunge

Die Trachea verläuft beim Dromedar in den ersten drei Vierteln des Halses unter dem Ösophagus, im kaudalen Viertel rechts neben ihm. Auf Höhe der Apertura thoracica cranialis liegen die V. jugularis externa dextra und sinistra nebeneinander unterhalb der Trachea. Die Trachealspangen sind ventral stabiler als dorsal, wo sich ihre freien Enden leicht überlappen. Der dorsale Spalt wird innen vom M. trachealis überbrückt. Im Mediastinum liegt die Trachea ventral des Oesophagus und die linken Enden der Trachealspangen überlappen die rechten. Unmittelbar kranial der Bifurkation der Trachea entspringt der Tracheobronchus zum kranialen Lappen der rechten Lunge (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987c).

Die Trachea der Kameliden ist sehr lang und befördert die eingeatmete Luft zu den Lungen, deren Oberfläche glatt ist und keine äußere Lappung aufweist (TIMM et al., 2011). Lediglich eine, durch das Herz verursachte Kerbe separiert den vorderen Teil der Lunge und ein kleiner Lobus accessorius der rechten Lunge umgibt die V. cava caudalis. Jeder sternale Bronchus teilt sich in einen Spitzenbronchus, einen Herzbronchus und einen Zwerchfellbronchus (FOWLER, 2010d; MIESNER, 2013).

Die Trachea der Trampeltiere ist 1,30-1,50 m lang, hat eine Bifurkation und 65 Knorpelspangen. Vor der Bifurkation gibt die Trachea einen Bronchus an die rechte Seite der Lunge ab (LESBRE, 1903a). Die Trachea des Lamas teilt sich wie bei den Wiederkäuern in drei Zweige, von denen zwei für die rechte Lunge sind (LESBRE, 1903b).

Die beiden Pleurahöhlen des Dromedars sind komplett voneinander getrennt (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987c). Das Herz wird von der linken Lunge weniger umschlagen als von der rechten, weshalb es besser ist von links zu auskultieren (LESBRE, 1903a). Die Lunge des Trampeltieres und des Lamas unterscheidet sich laut Lesbre (LESBRE, 1903a, 1903b) in ihrer Form deutlich von den Lungen der Wiederkäuer, da sie ganzheitlich geformt ist, ohne Einschnitte. Somit gleicht die Lunge der Kameliden eher der Lunge der Equiden, was auch für das Dromedar (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987c) und das Alpaka (VIERA RABORG, 1968; COOLEY et al., 2013; SINGH, 2018) beschrieben ist. Sowohl bei den Alt- als auch bei den Neuweltkameliden hat jede Lunge einen kranialen und einen kaudalen Flügel, die rechte Lunge hat zusätzlich einen Lobus accessorius (LESBRE, 1903a; VIERA RABORG, 1968; SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987c; COOLEY et al., 2013).

Beim Alpaka (VIERA RABORG, 1968; COOLEY et al., 2013; SINGH, 2018), beim Trampeltier (LESBRE, 1903a), beim Lama (LESBRE, 1903b) und beim Dromedar (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987c) gibt es einen trachealen Bronchus, ähnlich dem der Wiederkäuer, welcher den kranialen Teil der rechten Lunge belüftet. Hier ist die Trachea oft stellenweise vergrößert. Die rechte Lunge ist größer und reicht bei allen genannten Arten weiter nach kranial und kaudal als die linke Lunge (LESBRE, 1903a, 1903b; SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987c; COOLEY et al., 2013; SINGH, 2018). Etwas genauer beschreiben Cooley et al (COOLEY et al., 2013) den Lobus accessorius des Alpakas, welcher sich kaudal des Herzes und ventral des Ösophagus befindet und dessen mediale Fläche circa die Hälfte der V. cava caudalis umgibt. Außerdem gibt es bei der Lunge des Alpakas beidseits einen kranialen Bronchus und drei kaudale Bronchi, sowie einen akzessorischen Bronchus auf der rechten Seite (COOLEY et al., 2013).

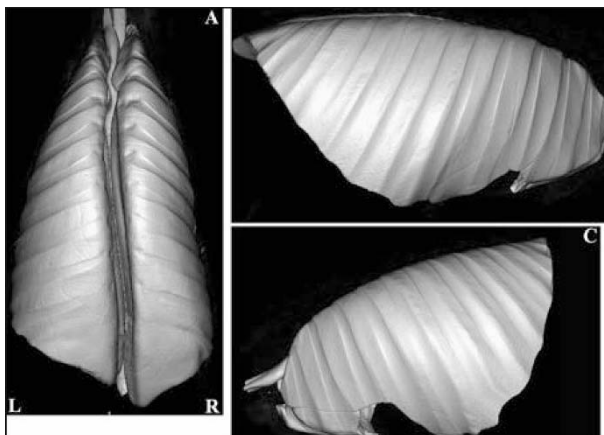


Abb. 9: Rekonstruierte 3-D Ansichten der Alpakalunge nach Cooley (COOLEY et al., 2013)

A: dorsale Ansicht

B: Seitenansicht von rechts

C: Seitenansicht von links

Viera Raborg (VIERA RABORG, 1968) beschreibt die beiden Hauptbronchien, die zur rechten und linken Lunge des Alpakas führen genauer. Rechts belüftet der Hauptbronchus die kardialen und die basalen Anteile, links belüftet er auch den apikalen Teil. Dabei zieht jeweils der apikale Bronchus in den Lobus cranialis, der kardiale Bronchus in den Lobus medius, der diaphragmatische Bronchus in den Lobus caudalis und der azygotische Bronchus in den Lobus accessorius (Abb. 10 und Abb. 11) (VIERA RABORG, 1968)

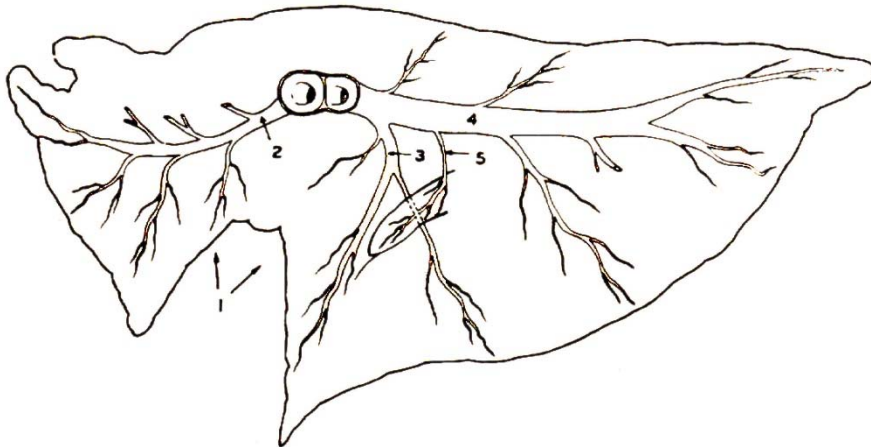


Abb. 10: Bronchialbaum der rechten Lunge des Alpakas nach Viera Raborg (Schema, Ansicht von medial) (VIERA RABORG, 1968)

1 – Incisura cardiaca; 2 – apikaler Bronchus; 3 – kardialer Bronchus; 4 – diaphragmatischer Bronchus; 5 – azygotischer Bronchus

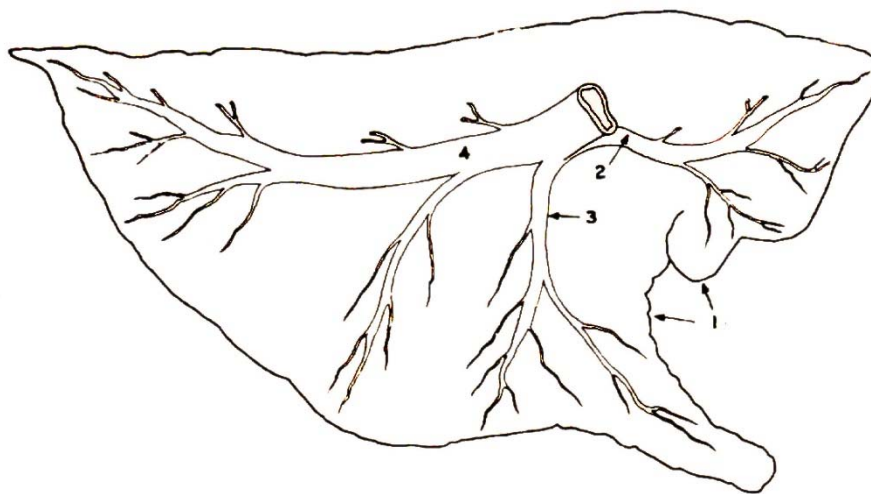


Abb. 11: Bronchialbaum der linken Lunge des Alpakas nach Viera Raborg (Schema, Ansicht von medial) (VIERA RABORG, 1968)

1 – Incisura cardiaca; 2 – apikaler Bronchus; 3 – kardialer Bronchus; 4 – diaphragmatischer Bronchus

### 2.3.3 Das Mediastinum

Das Mediastinum der Neuweltkameliden trennt die linke und rechte Pleuralhöhle vollständig voneinander (FOWLER, 2010d; MIESNER, 2013). Im kranialen Mediastinum des Dromedars liegt die Trachea ventral des Ösophagus. Unmittelbar kranial der Bifurkation der Trachea entspringt der Tracheobronchus zum kranialen Lappen der rechten Lunge. Der Ösophagus befindet sich im kranialen Mediastinum dorsal der Trachea. Er zieht dann im kaudalen Mediastinum zum Hiatus esophageus des Zwerchfells. In dieser Region wird er dorsal von den Lnn. mediastinales craniales gesäumt (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987c).

### 2.3.4 Nerven

#### 2.3.4.1 N. vagus

Der Ramus descendens des N. vagus des Alpakas liegt zwischen Ösophagus und Trachea, innerviert beide Strukturen und zieht in die kraniale Thoraxapertur. Auf Höhe des 6. HW trennt sich der N. vagus vom Truncus sympathicus. Der linke N. vagus zieht ventral über den Aortenbogen, dorsal am Lungenhilus vorbei und dann mit dem Ösophagus. Dabei gibt er Äste an Herz und Lunge ab. Einige Äste ziehen um die Aorta und verbinden sich mit dem Ramus descendens n. vagi. Der N. vagus dexter zieht ventral über die A. subclavia dextra und legt sich der Trachea an. Der rechte R. descendens n. vagi steigt zwischen Trachea und Oesophagus ab und erhält kaudal der Arteria subclavia ein bis zwei zarte Äste vom Stamm des N. vagus. Er endet kurz darauf, indem er in Luft- und Speiseröhre zieht (DEMMELE, 1980).

Ein Nerv, der dem N. laryngeus recurrens entspricht, ist beim Alpaka nicht vorhanden. Es wird vermutet, dass der nicht rekurrente Verlauf des N. laryngeus inferior und das Fehlen des spinalen (peripheren) Teils des N. accessorius charakteristisch für Schwielensohler ist (DEMMELE, 1980).

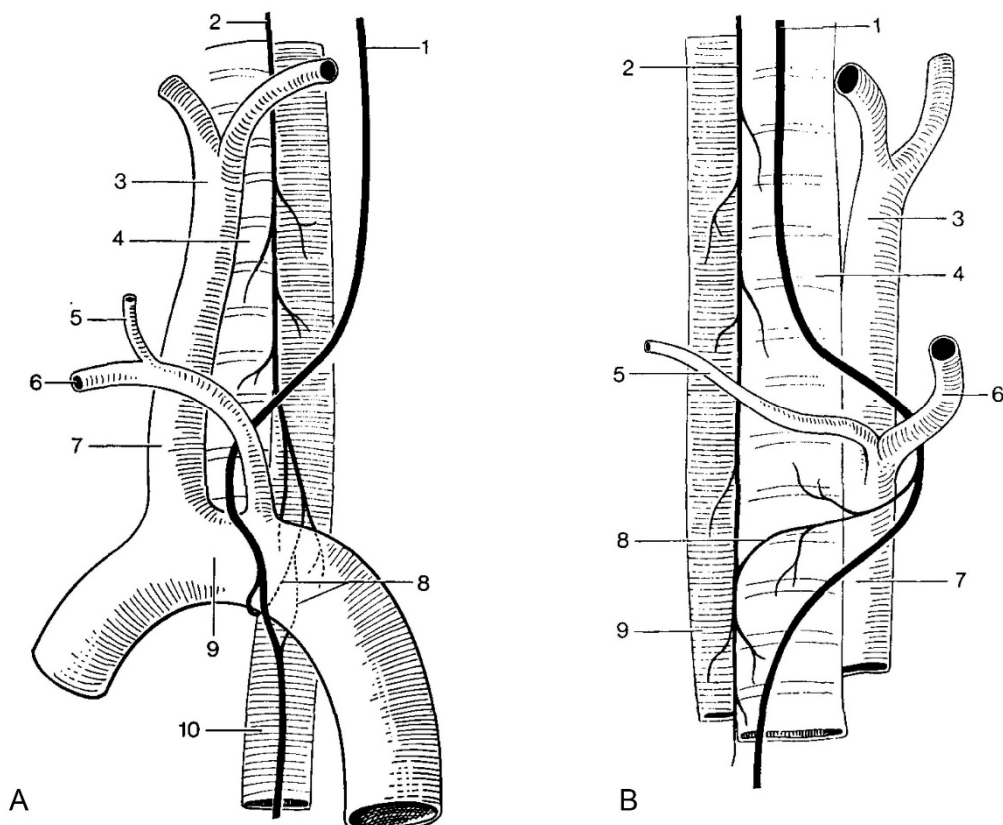


Abb. 12: Der N. vagus des Alpakas nach Demmel (DEMMELE, 1980)

A) Aortenbogen und linker N. vagus beim Alpaka:

1 – N. vagus sinister; 2 – Ramus descendens n. vagi; 3 – Truncus bicaroticus; 4 – Trachea; 5 – A. vertebralis sinistra; 6 – A. subclavia sinistra; 7 – A. brachiocephalica; 8 – Anastomosen zwischen N. vagus und R. descendens; 9 – Aortenbogen; 10 – Ösophagus

B) Arteria subclavia dextra und rechter N. vagus beim Alpaka:

1 – N. vagus dexter; 2 – Ramus descendens n. vagi; 3 – Truncus bicaroticus; 4 – Trachea; 5 – A. vertebralis dextra; 6 – A. subclavia dextra; 7 – A. brachiocephalica; 8 – Anastomosen zwischen N. vagus und R. descendens; 9 – Ösophagus



---

### 2.3.5 Lymphknoten des Thorax

Das Lymphocentrum thoracicum dorsale des Dromedars besteht aus zwei Lymphknotenansammlungen. Den Lnn. thoracici aortici, welche zwischen Aorta und Truncus sympathicus liegen, und den Lnn. intercostales, die dorsal des Truncus sympathicus im 4. bis 6. IKR liegen. Letztere können auch fehlen. Das Lymphocentrum thoracicum ventrale besteht aus drei Lymphknotenansammlungen. Der Ln. sternalis cranialis liegen kranial des Herzes am M. thoracicus transversus. Der Ln. sternalis caudalis befinden sich auf dem Sternum zwischen Herz und Zwerchfell. Sowohl die kranialen, als auch die kaudalen Sternallymphknoten sind sehr klein. Die Lnn. phrenici liegen ventral des Ösophagus zwischen Herz und Zwerchfell (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987e).

#### Das Lymphocentrum mediastinale

Dieses besteht beim Dromedar aus einer Reihe von Lymphknoten im Mediastinum:

Die Lnn. mediastinales craniales liegen kranial des Herzes zwischen Ösophagus und Aorta thoracica. Die Lnn. mediastinales medii befinden sich dorsal des Herzes und die Lnn. mediastinales caudales liegen kaudal des Herzes zwischen Speiseröhre und Aorta (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987e).

#### Das Lymphocentrum bronchale

Die Lymphknoten dieses Zentrums liegen beim Dromedar in der Bifurkation der Trachea:

Der Ln. tracheobronchalis sinister liegt zwischen dem linken Bronchus und dem Aortenbogen. Der Ln. tracheobronchalis medius befindet sich dorsal an der Bifurkation. Der rechte Tracheobronchallymphknoten fehlt gewöhnlich (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987e)

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Material

##### 3.1.1 Auswahl der Tiere

Es wurden die Brusthöhlenorgane, sowie die Atemmuskulatur von 6 Alpakas untersucht. Dabei handelte es sich um Tiere aus dem Raum Südbayern, welche vorwiegend aus privater Hand kamen. Eines lebte am Lehr- und Versuchsgut in Oberschleißheim und ein weiteres kam aus der Klinik für Wiederkäuer in Oberschleißheim. Fünf der Tiere wurden nicht wegen respiratorischer Erkrankungen mit Pentobarbital euthanasiert, eines starb eines natürlichen Todes (Tabelle 2).

Es handelte sich um 3 erwachsene Stuten, 2 ausgewachsene Hengste sowie ein weibliches Cria im Alter von 6 Monaten (Tabelle 2).

Nach dem Eintritt des Todes wurden die Tiere bei 4°C gekühlt oder bis zur Präparation bei -18°C tiefgefroren.

Rasse	Alter	Geschlecht	Gewicht	
Huacaya	6,5 Monate	weiblich	25kg	Endoparasiten
Huacaya	3,5 Jahre	weiblich	55 kg	Mandibula-Tumor
Huacaya	5 Jahre	weiblich	52 kg	Schwäche, Festliegen
Suri	18 Jahre	männlich	40 kg	Akute Blindheit
Huacaya	20 Jahre	weiblich	44 kg	Altersschwäche
Huacaya	adult (genaues Alter unbekannt)	männlich	75 kg	Aggressivität

Tabelle 2: Alpakas die für die Präparation verwendet wurden (n=6)

## 3.2 Methoden

### 3.2.1 Fixierung und Aufbewahrung der Tierkörper und Organe

Frisch verstorbene Tiere wurden zum Teil ohne weitere Fixations- oder Konservierungsmaßnahmen seziert. Vier Tiere wurden zur Aufbewahrung über die A. carotis communis mit einer 50%igen Ethanollösung injiziert. Teile, an denen gerade nicht gearbeitet wurde, wurden bei -18°C eingefroren. Für längere Präparationen wurden die Präparate bei +5°C in 10%iger Pökelsalzlake aufbewahrt, um sie vor Austrocknung und Fäulnis zu schützen. Für die bessere Darstellung der Gefäße wurden zwei Tiere mit Latexmilch injiziert. Für die Beschreibung der Topographie wurde der Situs untersucht, für die genauere Anatomie wurden einzelne Organe präpariert.

#### 3.2.1.1 Lagerung in Salzlake

Während der Präparation wurden die Teile, an denen gerade gearbeitet wurde in Wannen mit einer Lake aus 10%igem Pökelsalz (Nitrit-Pökelsalz jodiert 0,4-0,5%, Südwestdeutsche Salzwerke AG, Heilbronn) gelagert und bei +5°C gekühlt.

#### 3.2.1.2 Injektion von roter Latexmilch in das arterielle Gefäßsystem

Zur besseren Darstellung der Gefäße wurden die Arterien zweier heparinisierten Tiere mit 600ml roter Latexmilch (Professionell Farbtyp rot, Firma La-Gum, Elmshorn) injiziert. Hierfür wurde die linke A. carotis communis am Übergang von oberen zu mittleren Halsdrittel auf einer Länge von 10 cm freipräpariert. Die Spitze einer großlumigen Kanüle (14Gx3-1/4“, 2,1x80 mm) wurde abgerundet, um eine versehentliche Verletzung der Arterie unterhalb der Einstichstelle zu vermeiden. Nach dem Einstechen in Richtung Herz und Positionieren in der Arterie wurde die Kanüle mit einem Knoten so in der Arterie fixiert, dass keine Latexmilch in Richtung Kopf fließen konnte. Die A. femoralis dexter wurde bei einem Tier freipräpariert und ligiert. Bei einem zweiten Tier wurden beide Femoralarterien ligiert. Dies diente zum einen der Kontrolle des Füllungsstandes der Gefäße mit Latexmilch, zum anderen konnte so ein höherer Druck im arteriellen System des Rumpfes durch die Latexmilch erzeugt werden, um auch kleinste Gefäße zu füllen. Anschließend wurden 600 ml rote Latexmilch unter gleichmäßigen Druck per Hand injiziert. Dann wurde 10%ige

Essigsäure in Brust- und Bauchhöhle eingebracht, um ein schnelles Aushärten der Latexmilch zu erreichen. Anschließend wurden die Tiere für sieben Tage bei +4°C gelagert bis das Latex vollständig ausgehärtet war.

### 3.2.1.3 Schwimmende Darstellung des Bronchialbaumes

Ein spezieller Aufbau ermöglichte es den Bronchialbaum in seiner vollen Pracht zu fotografieren. Hierfür wurde er zuerst manuell aus dem Lungengewebe geschält. Dann wurde er über Nacht im kalten Wasserbad gespült, um Verfärbungen und Blutbestandteile herauszuwaschen. Anschließend wurde die Trachea am kranialen Ende mit einem Faden durchstoßen, der an einem Stock festgebunden wurde und über einen 10 Liter Eimer gelegt wurde. So konnte der Bronchialbaum frei im Eimer hängen und sich frei von der Schwerkraft entfalten. In diesen Eimer wurde eine 0,5%ige Formalinlösung (35% Formaldehyd, VWR BDH Prolabor® Chemicals, Fontenay-sous-Bois, France) zur Fixation gegeben sowie 2% Wasserstoffperoxid um letzte Verfärbungen zu bleichen. Am folgenden Tag wurde ein Aquarium auf einem schwarzen Tuch mit Wasser gefüllt und einige Stunden stehen gelassen, damit die Luftbläschen entweichen konnten. Der Bronchialbaum wurde an der Trachea an einem Holzstock fixiert, welcher über dem Aquarium so befestigt wurde, dass ein Aufschwimmen des Präparates verhindert wurde. Außerdem konnte man den Holzstock drehen, damit der Bronchialbaum von allen Seiten fotografiert werden konnte.

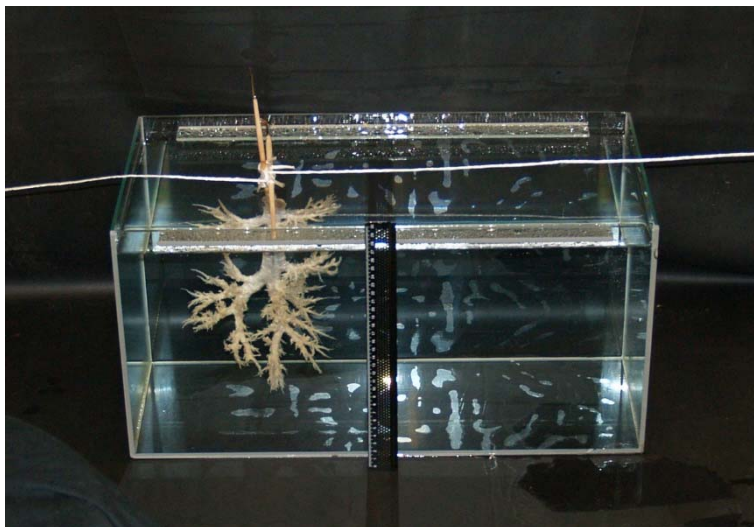


Abb. 13: Aufbau für die schwimmende Darstellung des Bronchialbaums

### 3.2.2 Die Präparation

Für die Präparation der Weichteile wurden Skalpells von Braun mit der Nr. 15 und 24 verwendet. Des Weiteren dienten anatomische sowie chirurgische Pinzetten, Scheren, Sonden und Nadeln als Hilfsmittel. Für die Eröffnung des Brustkorbes wurden die Rippen mit einer oszillierenden Säge durchtrennt.

Zuerst wurde die Haut über dem Brustkorb sorgfältig entfernt. Anschließend wurden die Vordergliedmaßen mit der Schultergürtelmuskulatur abgehoben, um die Teile der Atmungsmuskulatur frei zu legen, welche sich außen am Brustkorb befindet. Des Weiteren wurden Teile der Rückenmuskulatur entfernt. Außerdem wurde die Bauchhöhle eröffnet und der Gastrointestinaltrakt entfernt, um einen freien Blick auf das Zwerchfell zu ermöglichen. Nach Präparation der Atmungsmuskulatur, wurde der Brustkorb eröffnet, indem die Rippen beidseits mit einer oszillierenden Säge durchtrennt wurden. Dies geschah nahe der Brustwirbel, sowie unmittelbar am Sternum, wobei die erste und letzte Rippe zunächst zur Stabilisation stehen blieben. Nun konnte die Topographie der Brusthöhlenorgane eingehend studiert werden. Anschließend wurden diese nach und nach entfernt und einzeln präpariert.

### 3.2.3 Anfertigung von Bildmaterial

Die Bilder wurden mit einer digitalen Spiegelreflexkamera von Olympus® (E500) mit einem Olympus® Zuiko Digital 14-45 mm 1:3,5-5,6 Objektiv aufgenommen und im JPEG-Format auf einer Speicherkarte (Compact Flash® San Disk® Ultra 8GB) gespeichert. Zur Verringerung der Glanzlichter wurde ein Polfilter (Walimex® pro MC CPL) verwendet. Dabei dienten ein bewegliches Stativ, sowie eine feste Stativvorrichtung mit polarisiertem Licht als Hilfsmittel. Um später leichter einen einheitlichen Hintergrund einfügen zu können, wurden die Präparate auf einer matten, schwarzen Folie abgelichtet. Außerdem wurde stets ein Lineal mit cm-Skala beigelegt, um später die Größenverhältnisse korrekt darstellen zu können.

Am PC erfolgte dann mittels Bildbearbeitungsprogramm (Adobe Photoshop® CS2) die Beschriftung und Bearbeitung der Bilder. Hierbei wurden verbliebene Glanzlichter geglättet, eine einheitliche Maßeinheit eingefügt, belichtungsbedingte Farbunterschiede angepasst, ein schwarzer bzw. heller Hintergrund gewählt und kleinere Schönheitsfehler (Haare, Fehlerpixel) entfernt.

---

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Der Brustkorb

Der Brustkorb (Thorax) war beim Alpaka im kraniokaudalen Querschnitt tropfenförmig, wobei er nach ventral spitzer werdend zulief. Kranial befand sich die Apertura thoracis cranialis, durch die unter anderem Luftröhre (Trachea), Speiseröhre (Oesophagus), Gefäße, Nerven und Lymphbahnen vom Hals in den Thorax eintraten. Kaudal bildete die Apertura thoracis caudalis die Begrenzung des Brustkorbes, wobei das darin kuppelartig gespannte Zwerchfell (Diaphragma), die Grenze zwischen Brust- und Bauchhöhle darstellte. Dorsal wurde der Thorax von den 12 Brustwirbeln (Vertebrae thoracicae) mit den dazugehörigen Rippen (Costae) eingerahmt, welche ventral mit dem Brustbein (Sternum) in Verbindung standen. Der Großteil der Muskeln am Brustkorb gehört funktionell zu den Atmungsmuskeln, aber auch die Vordergliedmaße findet hier, mit der Schultergürtelmuskulatur, ihre Verbindung zum Stamm.

Im Brustkorb befanden sich die lebenswichtigen Organe Lunge (Pulmo) und Herz (Cor), sowie intrathorakal liegende Baueingeweide, auf die in der Arbeit von Vater (VATER, 2018) genauer eingegangen wird. In der Medianen durchzog der Mittelfellspalt (Mediastinum) den Brustkorb, welches Gefäße, Nerven und Lymphbahnen, aber auch Trachea und Oesophagus sowie das Herz beinhaltete. Dadurch wurde die Brustkorbhöhle (Cavum thoracis) in eine linke und eine rechte Brustfellhöhle, auch Pleuralhöhle (Cavum pleurae), in denen sich die jeweilige Lunge befand, zweigeteilt.

### 4.2 Knochen des Brustkorbes und deren Verbindung

Zu den Knochen des Brustkorbes zählen die Brustwirbel (Vertebrae thoracicae) mit den Rippen (Costae), das Brustbein (Sternum) und beim Alpaka auch ein kleiner Zwerchfellknochen (Os diaphragmaticum).

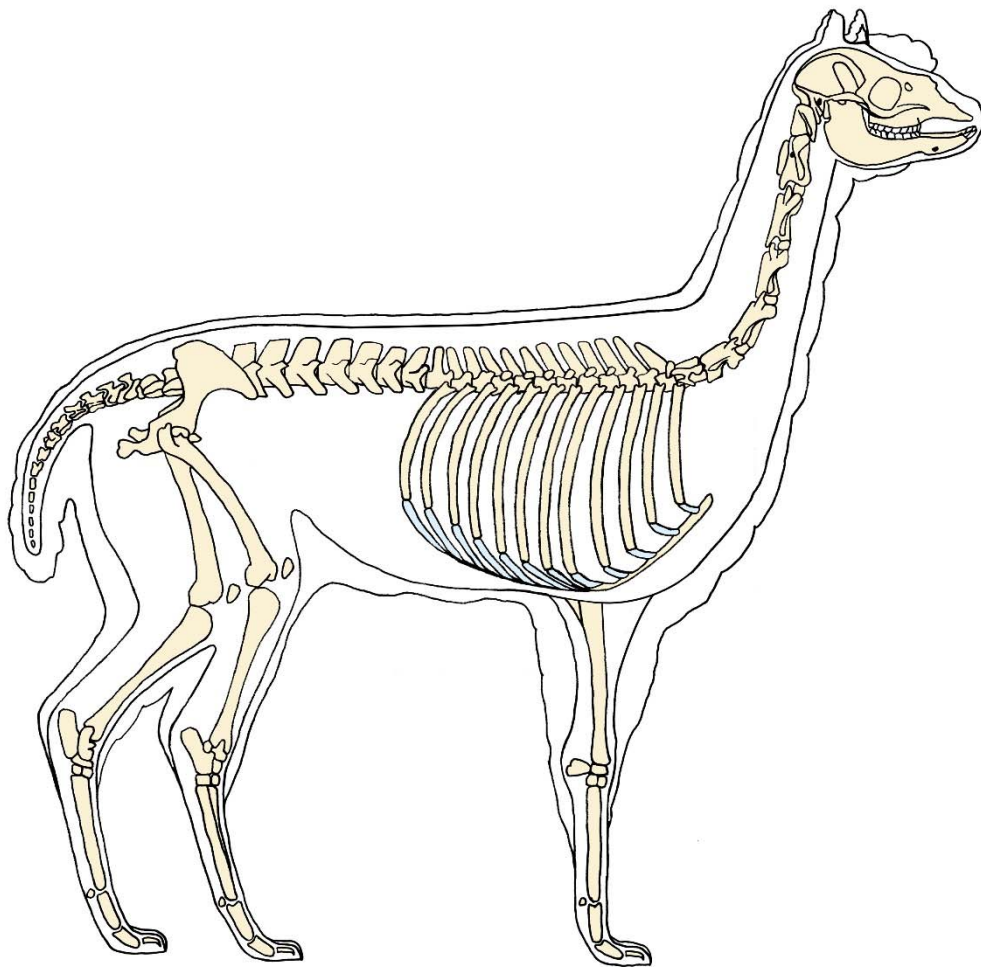


Abb. 14: Schematische Darstellung des Skeletts des Alpakas (Ansicht von rechts)

#### 4.2.1 Brustwirbel

Die Brustwirbel werden hier der Vollständigkeit halber mit angeführt, aber nicht detailliert behandelt. Eine genaue Beschreibung der Wirbelsäule ist bei Waringo (WARINGO, 2018) zu finden.

#### 4.2.2 Rippen (Costae)

Die 12 Rippenpaare ließen sich in 7 sternale und 5 asternale Rippenpaare gruppieren. Sie waren gelenkig mit ihren zugehörigen Brustwirbeln verbunden, wobei die Gelenkfläche (Facies articularis costae) des Rippenkopfes (Caput costae) der ersten Rippe von der kaudalen Gelenkgrube (Fovea costalis) des letzten Halswirbels und der kranialen Gelenkgrube des ersten Brustwirbels gebildet wurde. Nach diesem Schema

setzten sich auch die folgenden Wechselgelenke zusammen. Auf den kugeligen Rippenkopf, folgte ein schmalerer Rippenhals (Collum costae) sowie der Rippenhöcker (Tuberculum costae), der mit dem Querfortsatz des jeweiligen Brustwirbels artikuliert. Dann folgte der lange, gebogene, abgeflachte Rippenkörper (Corpus costae). Diesem schloss sich ventral der Rippenknorpel (Cartilago costalis) an, welcher ventral mit dem Sternum verbunden war.

#### 4.2.3 Brustbein (Sternum)

Das Brustbein (Abb. 15) bildete die ventrale Begrenzung des Brustkorbes und war aus mehreren Knochenstücken (Sternebrae) zusammengesetzt, die miteinander verschmolzen waren. Kranial befand sich der Habichtsknorpel (Cartilago manubrii), der einigen Halsmuskeln als Ursprung diente. Darauf folgte das längliche Manubrium sterni sowie vier Sternebrae, zwischen denen die Rippenknorpel ansetzten (Synchondroses sternales). Kaudal befand sich der ebenfalls längliche Processus xiphoideus mit der Cartilago xiphoidea.



Abb. 15: Sternum des Alpakas

C.m – Cartilago manubrii; M – Manubrium sterni, 1, 2, 3, 4 – Sternebra 1-4; R – Rippenknorpel; X – Processus xiphoideus; C.x – Cartilago xiphoidea



#### 4.2.4 Zwerchfellknochen

Dieser kleine Knochen lag mittig im Zwerchfellspiegel (Centrum tendineum) zwischen Hiatus oesophageus und Foramen venae cavae. Er diente dem rechten Zwerchfellpfeiler als Ansatz. Auch Teile des Sehnenspiegels fanden hier Halt. Seine Form variierte bei den einzelnen Individuen, wobei sie stets hakenähnlich war.

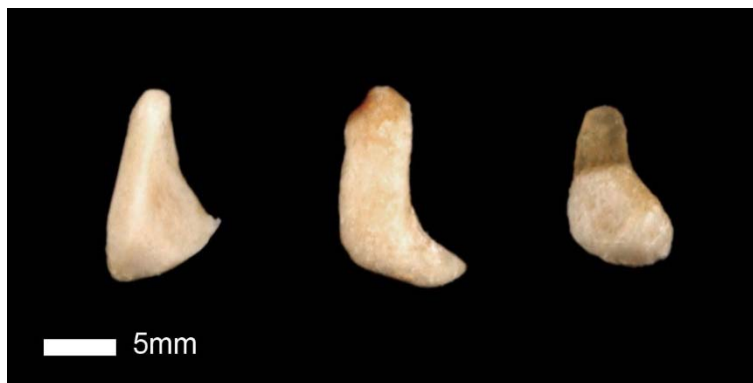


Abb. 16: Variable Form der Zwerchfellknochen des Alpakas

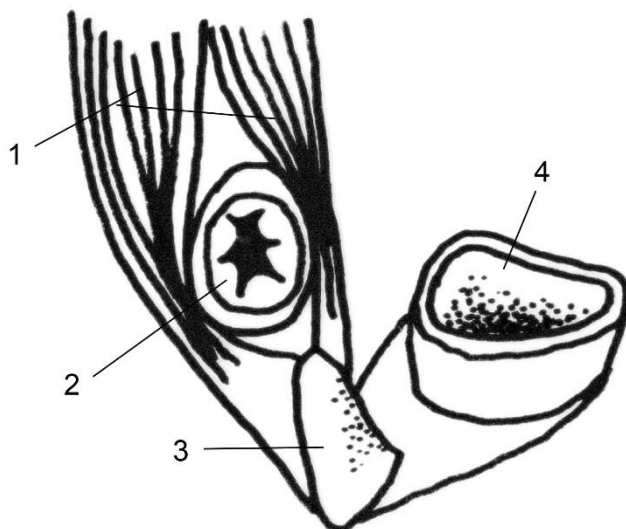


Abb. 17: Schematische Darstellung der Lage des Zwerchfellknochens des Alpakas (Ansicht von kaudal)

1 – Crus dextrum; 2 – Oesophagus im Hiatus oesophageus; 3 – Zwerchfellknochen; 4 – V. cava caudalis im Foramen venae cavae

---

### 4.3 Muskeln des Brustkorbes

Zu den Muskeln des Brustkorbes gehören die Muskeln der Brustwand, die wiederum in Atmungsmuskeln und Schultergürtelmuskeln unterteilt werden können. Auch das Zwerchfell zählt zu den Muskeln des Brustkorbes und fungiert als wichtigster Atmungsmuskel. Diese Muskelgruppen werden in den folgenden Kapiteln genauer erläutert. Die Rückenmuskulatur, die am Brustkorb ansetzt, wird in der Arbeit von Waringo (WARINGO, 2018) beschrieben.

#### 4.3.1 Muskeln der Brustwand

Die Muskeln der Brustwand, die funktionell nicht den Atmungsmuskeln zugeordnet werden können, dienen der Befestigung und Bewegung der Schultergliedmaße und werden hier nicht genauer beschrieben.

#### 4.3.2 Atmungsmuskeln

Diese Muskeln dienen der Ausdehnung und Verengung der Brusthöhle und ermöglichen so die In- und Expiration. Das Zwerchfell (Diaphragma) ist der wichtigste Muskel dieser Gruppe.

##### 4.3.2.1 Mm. intercostales interni

Die Mm. intercostales interni (Abb. 18; Abb. 19) lagen als dünne Muskelschicht in den interkostalen und interkartilaginären Räumen 1-9. In den letzten beiden Interkostalräumen erschienen sie nur hochdorsal mit einigen wenigen Muskelfasern. Sie hatten einen Verlauf von kranioventral nach kaudodorsal. Innen wurden sie von Pleura bedeckt, lateral lagen die Mm. intercostales externi (Abb. 18) auf.

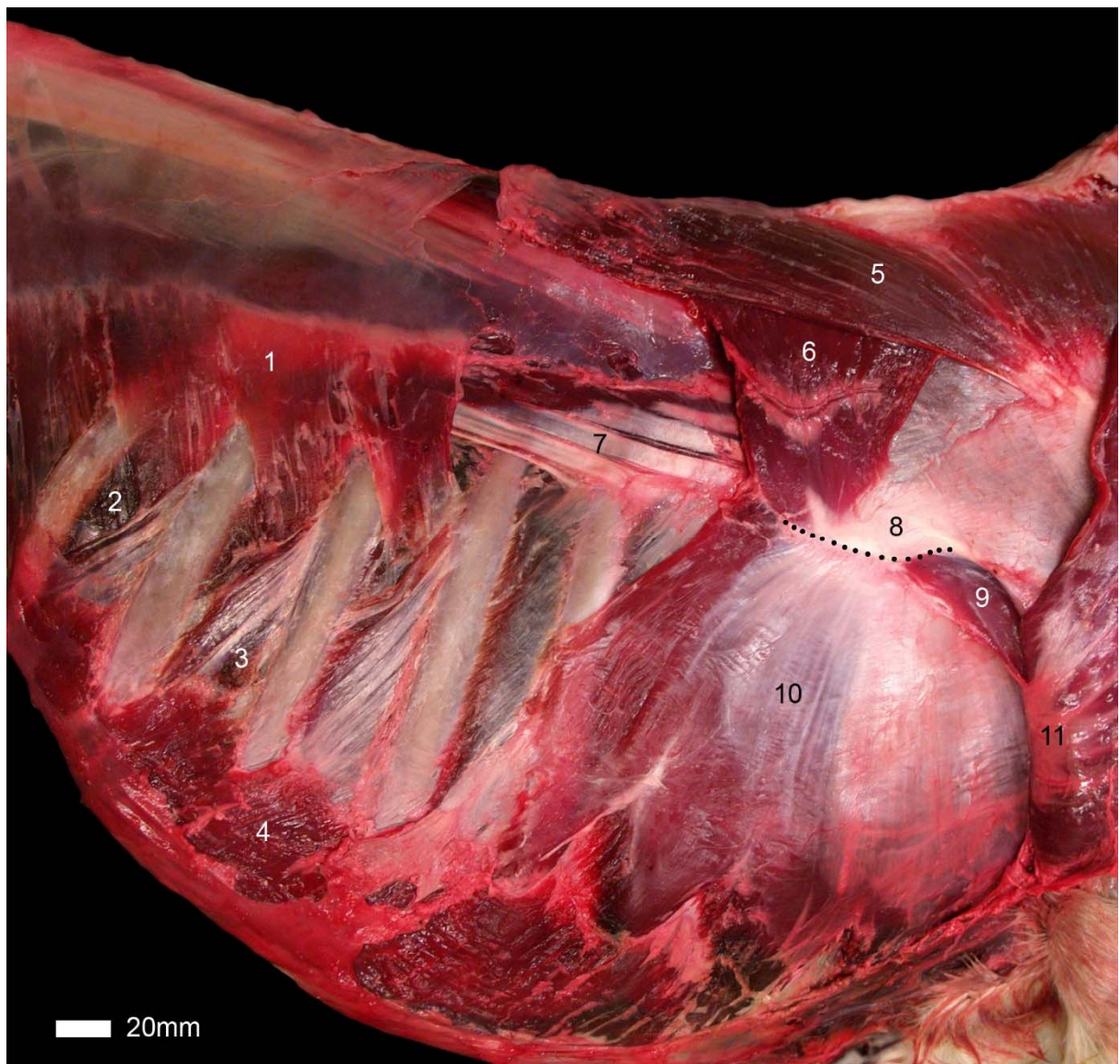


Abb. 18: Muskulatur seitlich am Brustkorb des Alpakas (Ansicht von rechts)

1 – M. serratus dorsalis caudalis; 2 – Mm. intercostales interni; 3 – Mm. intercostales externi; 4 – M. obliquus externus abdominis; 5 – M. trapezius; 6 – M. rhomboideus; 7 – M. iliocostalis; 8 – Scapula (Diese ist von den Muskeln des Schultergürtels verdeckt. Der ventrale Rand des Cartilago scapulae ist schwarz gepunktet. Der M. rhomboideus befindet sich beim Alpaka dorsolateral der Scapula); 9 – M. teres major; 10 – M. serratus ventralis thoracis; 11 – M. latissimus dorsi (nach kranial umgeschlagen)



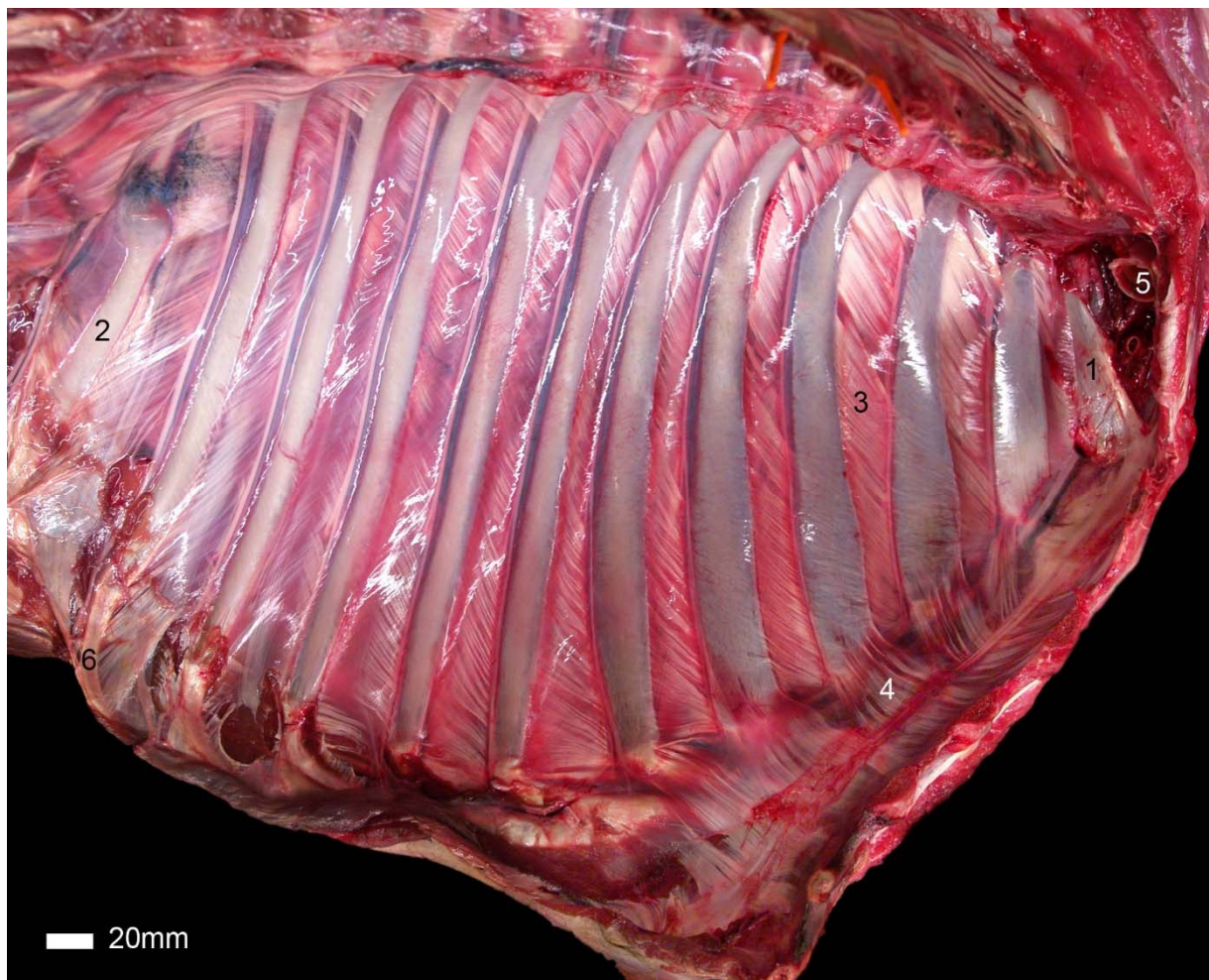


Abb. 19: Linke Brustwand des Alpakas (Innenansicht)

1 – erste Rippe; 2 – letzte Rippe (12); 3 – Mm. intercostales interni; 4 – M. transversus thoracis; 5 – Anschnitt der Trachea; 6 – Rippenknorpel

#### 4.3.2.2 M. transversus thoracis

Diese kurzen Muskelgruppen lagen intrathorakal in gruppierten Muskelbündeln am Thoraxboden (Abb. 19). Sie entsprangen median am Lig. sterni und zogen zu den Rippenknorpeln 2-6. Die A. und V. thoracica interna verliefen auf beiden Körperseiten unter diesen Muskeln, die ebenfalls von Pleura bedeckt waren.

#### 4.3.2.3 M. retractor costae

Der M. retractor costae (Abb. 20) stellte sich als sehr flacher Muskel dar, der aus zwei dünnen Muskelschichten bestand, deren Fasern in divergierenden Richtungen verliefen. Der muskuläre Anteil entsprang aponeurotisch von der thorakolumbalen Faszie zwischen den Proc. transversi der ersten beiden Lendenwirbel und zog zum kaudalen Ende der letzten Rippe.

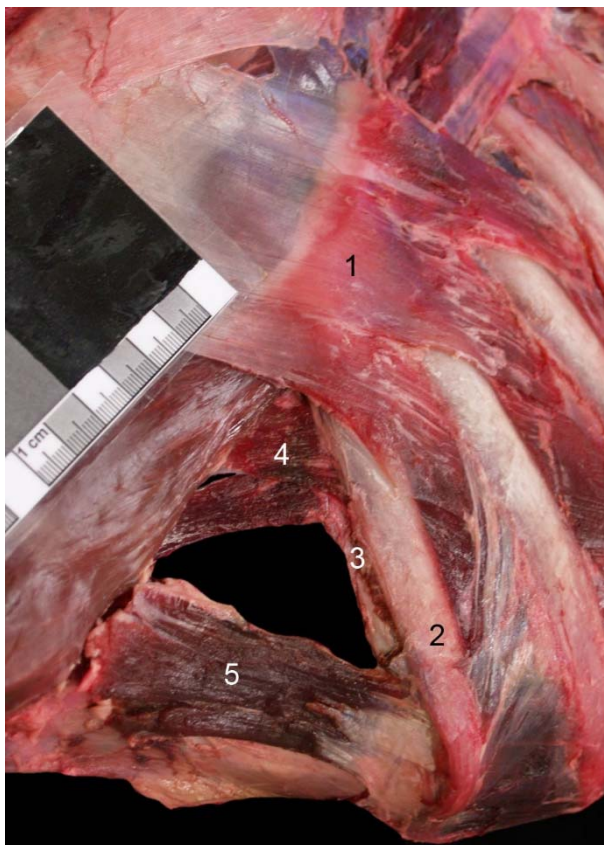


Abb. 20: M. retractor costae des Alpakas

- 1 – M. serratus dorsalis caudalis;
- 2 – letzte Rippe;
- 3 – Ansatz der letzten Serratuszacke;
- 4 – M. retractor costae;
- 5 – M. obliquus internus abdominis

#### 4.3.2.4 M. serratus dorsalis caudalis

Dieser Muskel (Abb. 18; Abb. 20) bestand aus vier flachen Spitzen, welche gemeinsam aus der Fascia thoracolumbalis entsprangen und sich wie Finger über die Rippen legten. Ihre Fasern verliefen von kaudodorsal bis zum proximalen Drittel der kaudalen Enden der Rippen 9-12. An den Rippen 9-11 inserierten die Muskelfasern der Spitzen zwischen den Fasern der Mm. intercostales externi und interni. An der letzten Rippe bildeten sie die oberflächliche Schicht.

#### 4.3.2.5 M. serratus dorsalis cranialis

Ein M. serratus dorsalis cranialis konnte an keinem der seziierten Tiere gefunden werden.

#### 4.3.2.6 Mm. intercostales externi

Diese Muskeln (Abb. 18) bedeckten die Mm. intercostales interni. Sie lagen in jedem Interkostalraum und füllten auch die Bereiche zwischen den Rippenknorpeln aus. Ihre Fasern verliefen entgegen der Richtung der Mm. intercostales interni von kraniodorsal nach kaudovertral.

#### 4.3.2.7 Mm. levatores costarum

Diese kurzen Muskelbündel zogen proximal über die Zwischenrippenräume. Nur anhand ihres Ursprunges konnte man zwischen ihnen und den Mm. intercostales externi differenzieren. Sie entsprangen am Proc. transversus des 1.-11. Brustwirbels und zogen an den kranialen Rand des Rippenwinkels der folgenden Rippe, genauer gesagt am, wo sie mit dem Ansatz der Mm. intercostales externi verschmolzen. Ihre Fasern verliefen von kraniodorsal nach kaudovertral.

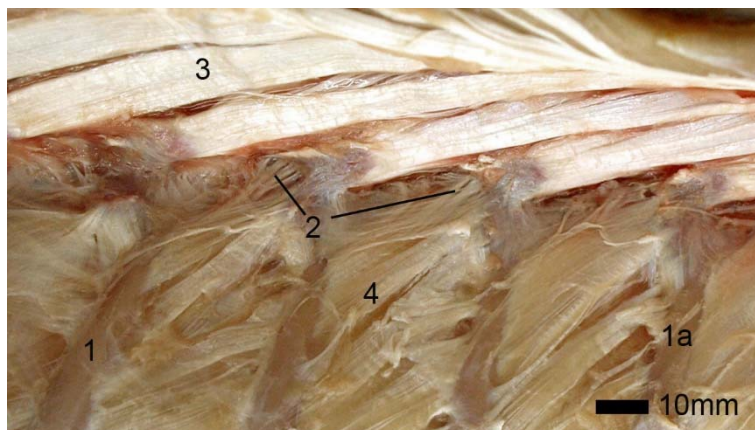


Abb. 21: Nahaufnahme der Mm. levatores costarum (Ansicht von rechts)

1 – Rippe 11; 1a – Rippe 8; 2 – Mm. levatores costarum; 3 – M. semispinalis thoracis;  
4 – M. intercostalis externus



#### 4.3.2.8 M. rectus thoracis

Dies war ein dünner, langer Muskel mit einem sehnigen und einem muskulären Anteil. Er lag außen am Thorax auf und entsprang am ventralen Ende der ersten Rippe mit kaudoventraler Richtung. Über den ersten beiden Rippen erschien er muskulär, um dann nach und nach sehnig durchsetzt zu werden und schließlich auf Höhe des dritten IKR als einheitliche, glatte Sehne zu verlaufen. Diese Sehne fächerte sich auf Höhe der vierten Rippe auf, um großflächig am vierten und fünften Rippenknorpel zu inserieren. Diese Sehnenfasern fanden ihre Fortführung zwischen dem fünften und sechsten, einige bis zum siebten, ventralen Ende des Rippenknorpels. Der M. rectus thoracis war nicht direkt mit dem M. rectus abdominis verbunden. Dieser hatte seinen Ursprung kaudal am siebten Rippenknorpel.

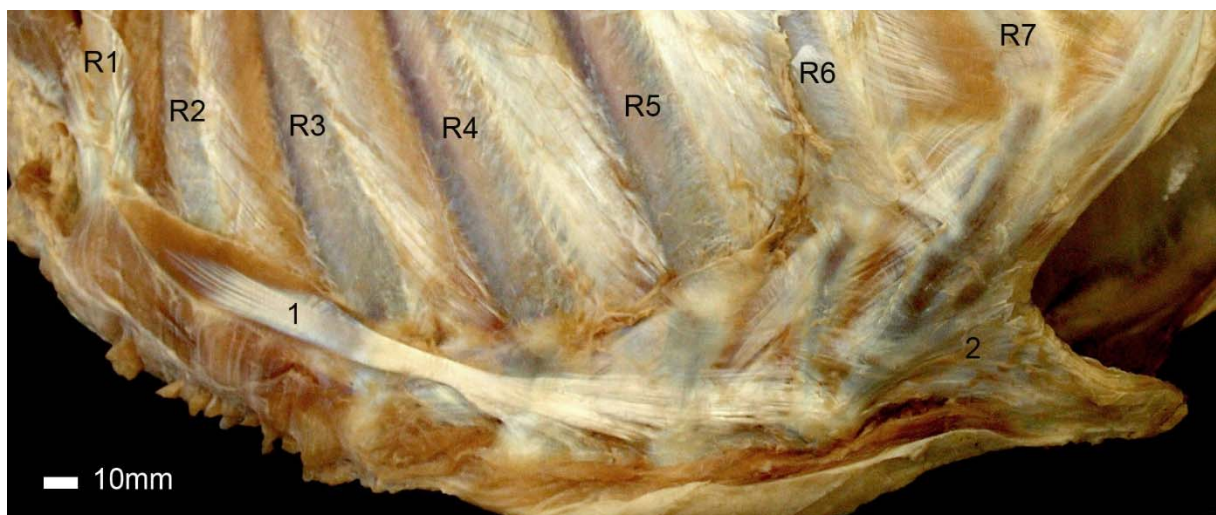


Abb. 22: M. rectus thoracis des Alpakas (Ansicht von links)

1 – M. rectus thoracis; 2 – Stumpf des M. rectus abdominis; R1 - R7 – erste bis siebte Rippe

## 4.3.2.9 Diaphragma (Zwerchfell)

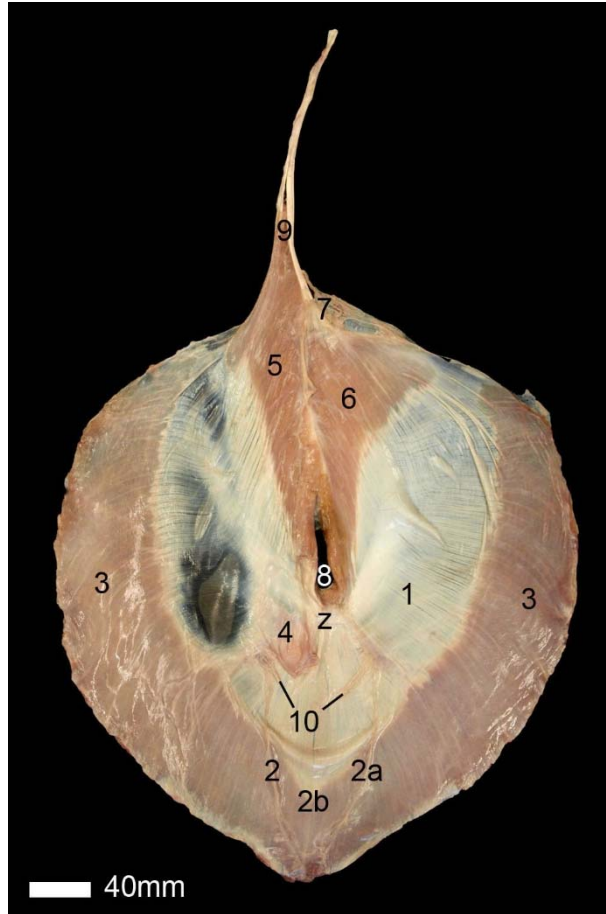


Abb. 23: Das Zwerchfell des Alpakas (Ansicht von kranial)

1 – Centrum tendineum; 2 – Plica venae cavae caudalis; 2a – Ansatz des Mediastinum; 2b – hintere Wand des Recessus mediastini; 3 – Pars costalis des muskulären Anteils; 4 – Foramen venae cavae; 5 – Crus dextrum; 6 – Crus sinistrum; 7 – Lage des Hiatus aorticus; 8 – Hiatus oesophageus; 9 – Ansatzsehne der Zwerchfellpfeiler; 10 – Stumpf des N. phrenicus dexter und sinister  
z – Sitz des Zwerchfellknochens

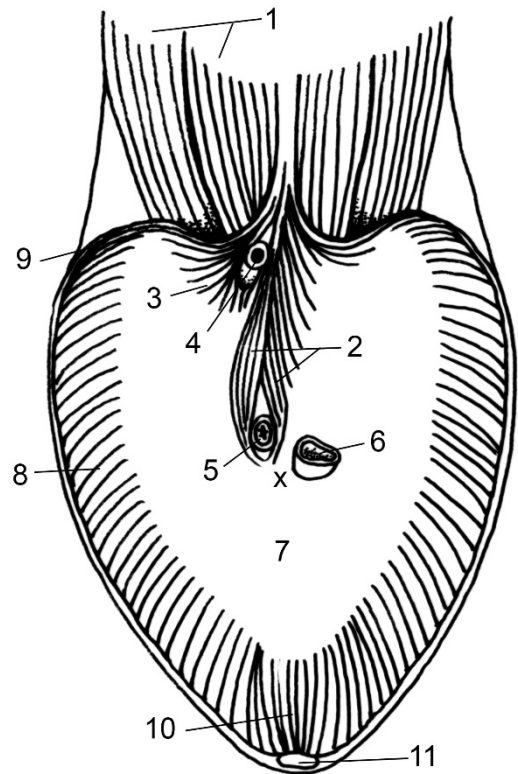


Abb. 24: Schematische Darstellung des Zwerchfells des Alpakas (Ansicht von kaudal)

1 – Psoasmuskulatur; 2 – Crus dextrum; 3 – Crus sinistrum; 4 – Aorta im Hiatus aorticus; 5 – Oesophagus im Hiatus oesophageus; 6 – V. cava caudalis im Foramen venae cavae; 7 – Centrum tendineum; 8 – Pars costalis; 9 – Pars lumbalis; 10 – Pars sternalis; 11 – Cartilago xiphoidea  
x – Sitz des Zwerchfellknochens



Das Zwerchfell war der größte Atmungsmuskel. Es spannte sich kuppelartig in der Brustkorbhöhle nach kranial und trennte die Brust- von der Bauchhöhle. Folglich war es kranial von Brustfell (Pleura) und kaudal von Bauchfell (Peritoneum) überzogen. Es konnte ein sehniger und ein muskulärer Anteil unterschieden werden. Der muskulöse Teil entsprang, mit radiär verlaufenden Fasern, innen an der Brustwand und konnte in eine Pars costalis, eine Pars sternalis und eine Pars lumbalis unterteilt werden. Dieser Muskelring setzte sich dann nach innen sehnig fort und bildete eine große Sehnenplatte (Centrum tendineum), auch Zwerchfellspiegel genannt. Dort, wo der Muskelring an den Rippen seinen Ursprung hat, wird er Pars costalis genannt, dort, wo er am Sternum entspringt, Pars sternalis. Die Pars lumbalis bestand aus zwei Muskeln, dem rechten, größeren und dem linken, kleineren Zwerchfellpfeiler (Crus dextrum et sinistrum). Diese Muskeln hatten ihren Ansatz in mehreren Sehnen, die, zwischen der Psoasmuskulatur entspringend, zu einer Sehne zusammenliefen. Diese hatte an der Crista ventralis der letzten drei Lendenwirbelkörper und der Extremitas cranialis des Os sacrum ihren Ursprung (Abb. 25). Der rechte Pfeiler gab hochdorsal einen Seitenschenkel nach rechts ab und zog dann mit zwei Ventralschenkeln bis ins Zentrum des Sehnenspiegels, wo er den Durchtritt der Speiseröhre und des N. vagus, den Hiatus oesophageus, bildete. Anschließend setzte er am Zwerchfellknochen an, welcher mittig im Centrum tendineum zwischen Hiatus oesophageus und Foramen venae cavae lag. Der linke Zwerchfellpfeiler gab einen kräftigen Seitenschenkel nach links ab und formte zusammen mit dem rechten Pfeiler den Hiatus aorticus, den Durchtritt für Aorta, V. azygos und Ductus thoracicus. Rechts unterhalb des Hiatus oesophageus im Centrum tendineum, war das Foramen venae cavae ausgebildet, durch das die hintere Hohlvene trat.

Innerviert wurde das Diaphragma vom linken und rechten N. phrenicus. Sie traten nahe der Trachea in die Brusthöhle ein und zogen im Mediastinum an Herz und Lunge vorbei zum Zwerchfell. Der N. phrenicus dexter begleitete die V. cava caudalis in ihrer Plica venae cavae, während der N. phrenicus sinister postkardial weiterhin im Mediastinum verlief. Der rechte Nerv inserierte im Centrum tendineum neben dem Foramen venae cavae, während der linke an der entsprechenden Position linkerhand inserierte. Er ermöglicht die Kontraktion des Zwerchfells, was

zu dessen Abflachung und folglich zu einer Vergrößerung der Brusthöhle und somit zur Inspiration führt. Entspannt sich das Zwerchfell, drücken die Bauchhöhlenorgane, durch die Aktivität der Bauchmuskeln, in Richtung Brusthöhle, was die Expiration bewirkt.

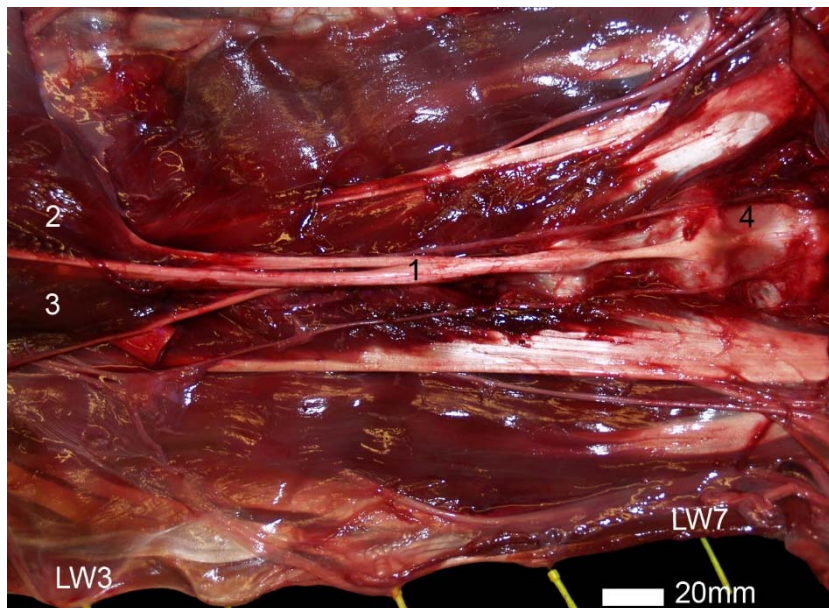


Abb. 25: Ursprung der Zwerchfellpfeiler des Alpakas (Ansicht von ventral)

1 – Ursprungssehne der Zwerchfellpfeiler; 2 – Crus sinistrum; 3 – Crus dextrum; 4 – Os sacrum  
Die gelben Nadeln entsprechen den Querfortsätzen der Lendenwirbel LW 3 – 7.

#### 4.4 Topographie der Brusthöhlenorgane

Die Brustkorbhöhle wurde kranial von der Apertura thoracis cranialis, dorsal von der Brustwirbelsäule, ventral vom Sternum, kaudal durch das Zwerchfell und lateral durch die 12 Rippenpaare mit den dazwischen liegenden Muskeln begrenzt.

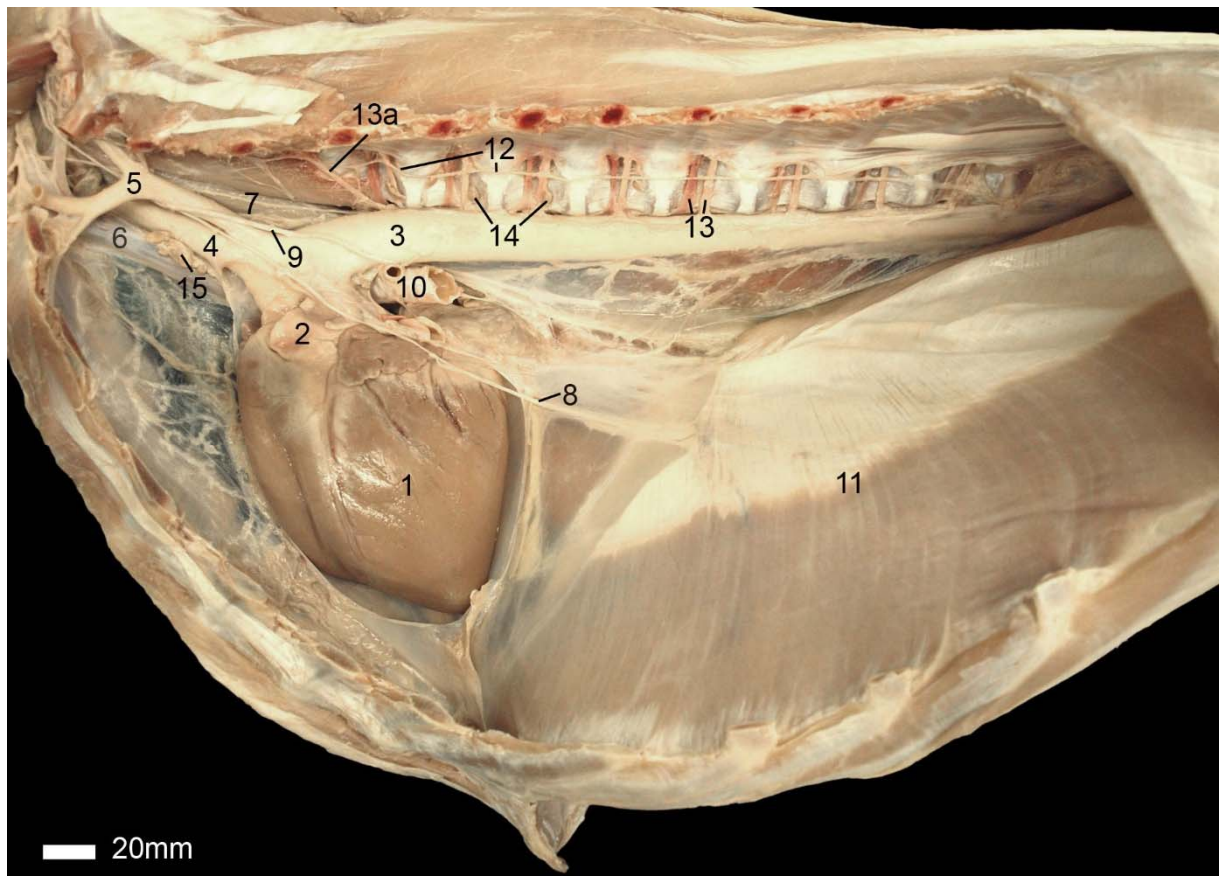


Abb. 26: Topographie der Brusthöhlenorgane des Alpakas (Ansicht von links)

1 – Herz (Pericardium eröffnet); 2 – Truncus pulmonalis; 3 – Aorta thoracica; 4 – Truncus brachiocephalicus; 5 – A. subclavia sinistra; 6 – V. cava cranialis; 7 – Oesophagus; 8 – N. phrenicus; 9 – N. vagus; 10 – Bronchus principalis sinister; 11 – Diaphragma; 12 – Truncus sympathicus; 13 – Aa. / Vv. intercostales; 13a – A. intercostalis dorsalis für IKR 3; 14 – Lnn. thoracici aortici; 15 – Lnn. mediastinales craniales

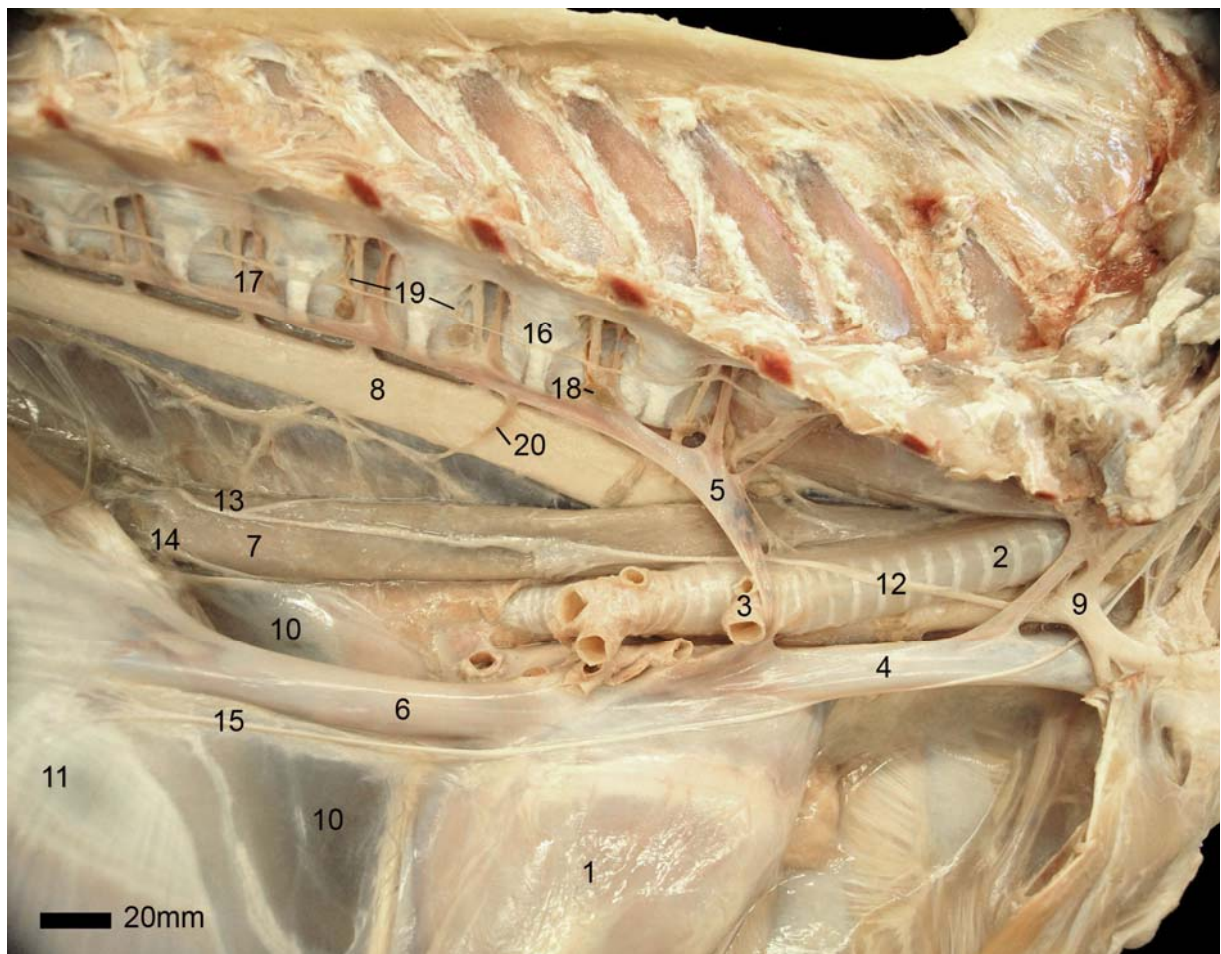


Abb. 27: Topographie der Brusthöhlenorgane des Alpakas (Ansicht von rechts)

1 – Herz (Pericardium geschlossen); 2 – Trachea; 3 – Bronchus trachealis; 4 – V. cava cranialis; 5 – V. azygos dextra; 6 – V. cava caudalis; 7 – Oesophagus; 8 – Aorta thoracica; 9 – A. subclavia dextra; 10 – Recessus mediastini; 11 – Diaphragma; 12 – N. vagus; 13 – Truncus vagalis dorsalis; 14 – Truncus vagalis ventralis; 15 – N. phrenicus; 16 – Truncus sympathicus; 17 – Aa. / Vv. intercostales; 18 – Lnn. thoracici aortici; 19 – Rami communicantes zwischen den sympathischen Ganglia; 20 – V. bronchoesophagea



#### 4.4.1 Mittelfell (Mediastinum)

Das Mittelfell (Mediastinum) trennte die Brustkorbhöhle (Cavum thoracis) in eine linke und eine rechte Brustfellhöhle, auch Pleurahöhle (Cavum pleurae) genannt. Im Mittelfellspalt lagen die Serosablätter der beiden Pleurahöhlen aufeinander und umgaben die hier verlaufenden Strukturen, bestehend aus Gefäßen, Nerven sowie der Luft- und Speiseröhre und dem Herz.

Meist befand sich im Mediastinum auch eine, dem Ernährungszustand des Tieres entsprechende Menge an Fett. Den Strukturen anliegend im Fett eingebettet lagen verschiedene Lymphknoten.

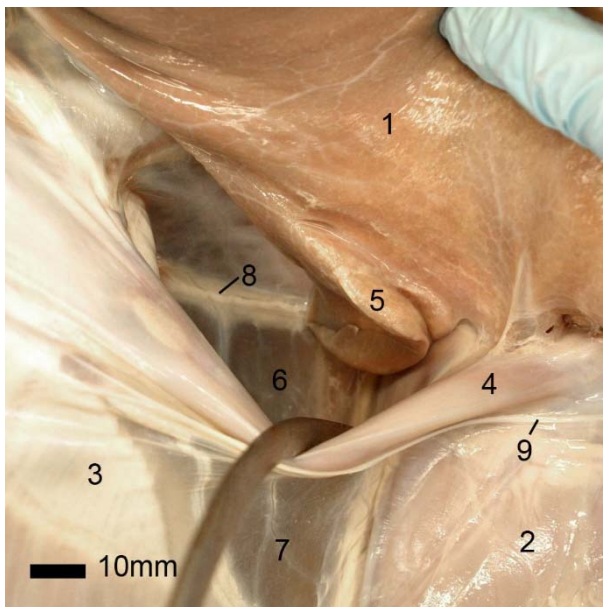


Abb. 28: Recessus mediastini des Alpakas

1 – Lobus caudalis pulmonis dextri; 2 – Cor; 3 – Diaphragma; 4 – V. cava caudalis (nach ventral gezogen); 5 – Lobus accessorius pulmonis dextri; 6 – Recessus mediastini; 7 – Plica venae cavae; 8 – Truncus vagalis ventralis im Mediastinum; 9 – N. phrenicus

#### 4.4.2 Herz (Cor)

##### 4.4.2.1 Äußerer Aufbau des Herzes

Das Herz (Abb. 29) hatte eine spitzkegelige Form und war zwischen 13 bis 16 cm lang und hatte auf Klappenhöhe zwischen 10 bis 12 cm im Durchmesser. Somit nahm es fast zwei Drittel der Höhe des Brustkorbes im mittleren Mediastinum ein. Das Herz des Crias (6,5 Monate) war 11 cm hoch und hatte 8 cm Durchmesser auf der Ventilebene. Bei allen Tieren war das Herz zwischen der 3. und 6. Rippe lokalisiert und die Herzachse war fast senkrecht ausgerichtet. Es war von einem transparenten Perikard umgeben, in welchem zum Teil Fett angelagert war. Ventral war das Perikard durch ein Lig. sternopericardiacum befestigt, welches in den Winkel zwischen Sternum und Zwerchfell zog.

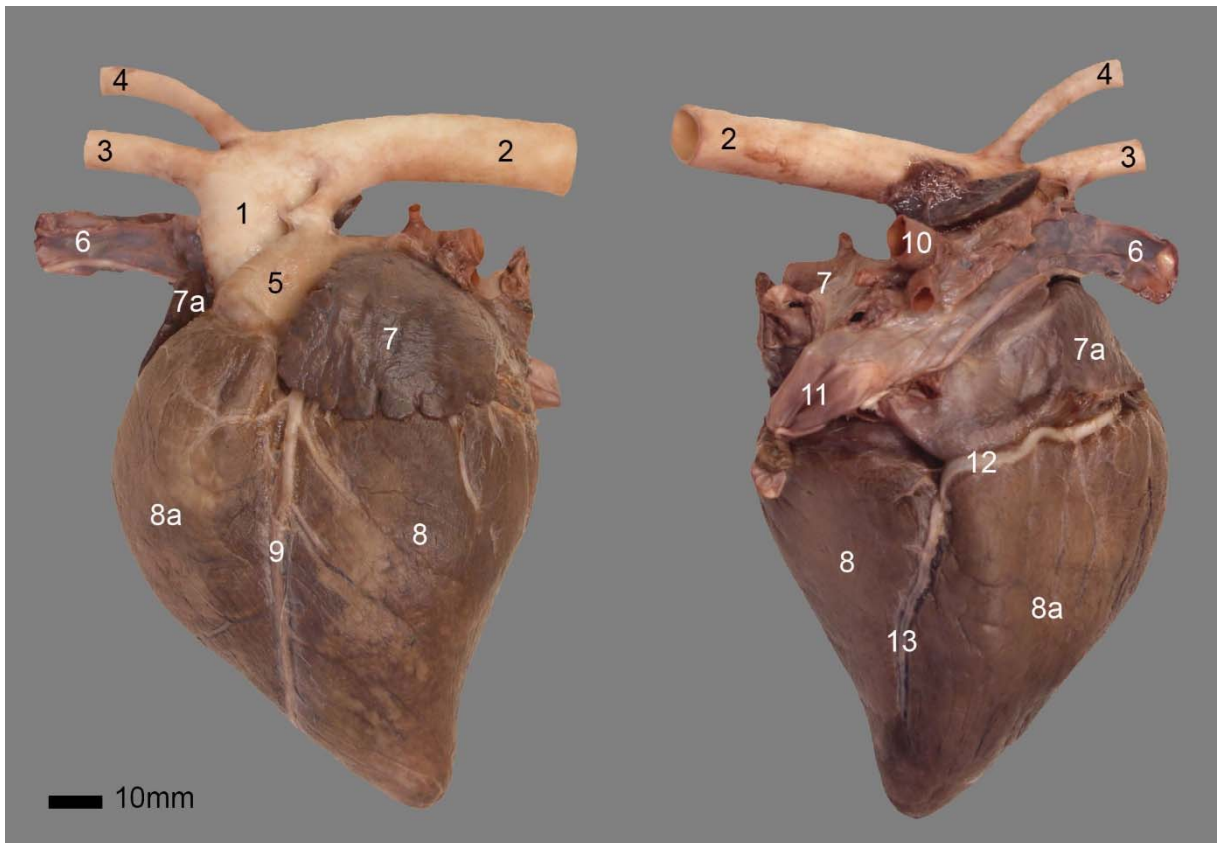


Abb. 29: Das Herz des Alpakas, Facies auricularis (links) Facies atrialis (rechts)

1 – Arcus aortae; 2 – Aorta thoracica; 3 – Truncus brachiocephalicus; 4 – A. subclavia sinistra;  
 5 – Truncus pulmonalis; 6 – V. cava cranialis; 7/7a – Auricula sinistra/dextra;  
 8/8a – Ventriculus sinister/dexter; 9 – R. interventricularis paraconalis der A. coronaria sinistra;  
 10 – A. pulmonalis dextra; 11 – V. cava caudalis; 12 – R. circumflexus der A. coronaria dextra;  
 13 – R. interventricularis subsinuus der A. coronaria dextra

## 4.4.2.2 Innerer Aufbau des Herzes

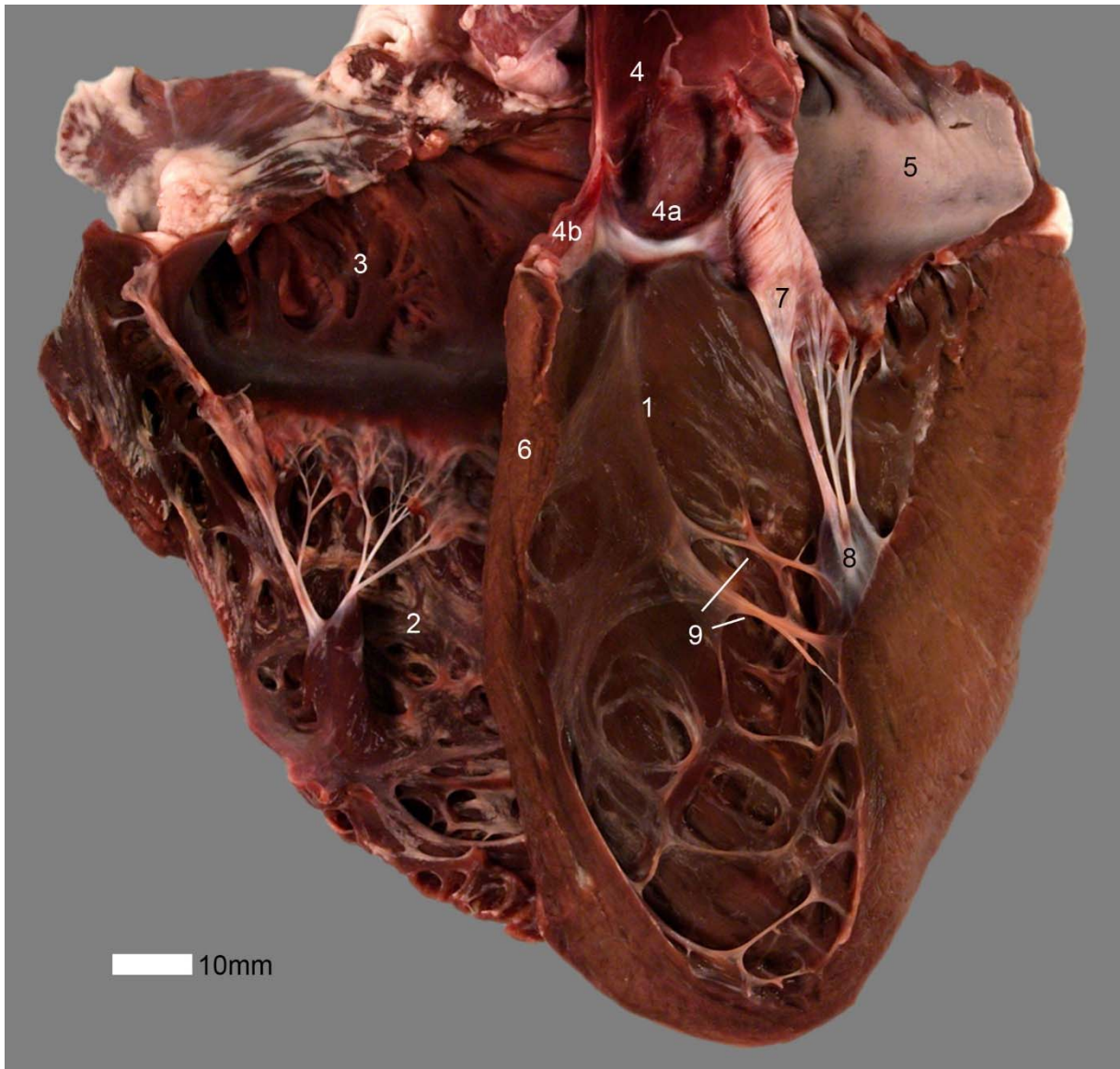


Abb. 30: Längsschnitt durch das Herz des Alpakas, Blick in den Ventriculus cordis sinister  
1 – Ventriculus cordis sinister; 2 – Ventriculus cordis dexter; 3 – Atrium cordis dexter; 4 – Aorta mit 4a – Valvula semilunaris dextra und 4b – Valvula semilunaris septalis der Valva aortae; 5 – Atrium cordis sinister; 6 – Septum interventriculare; 7 – Cuspis septalis der Valva atrioventricularis sinistra s. bicuspidalis s. mitralis mit Chordae tendineae zu 8 – M. papillaris subatrialis; 9 – Trabeculae septomarginales



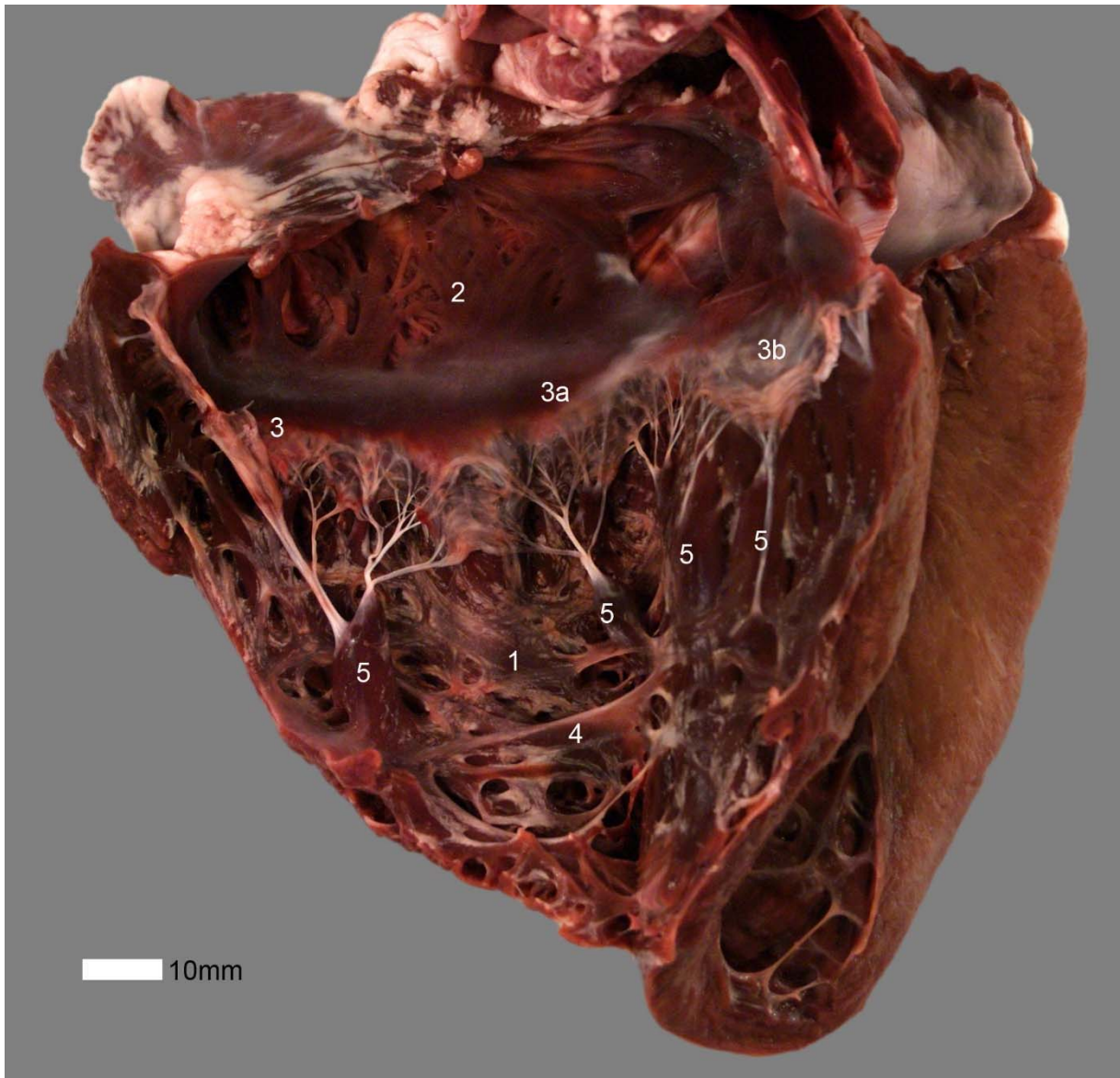


Abb. 31: Längsschnitt durch das Herz des Alpakas, Blick in den Ventriculus cordis dexter  
1 – Ventriculus cordis dexter; 2 – Atrium cordis dexter; 3 – Valva tricuspidalis mit Cuspis parietalis; 3a – Cuspis angularis und; 3b – Cuspis septalis; 4 – Trabecula septomarginalis; 5 – Mm. papillares



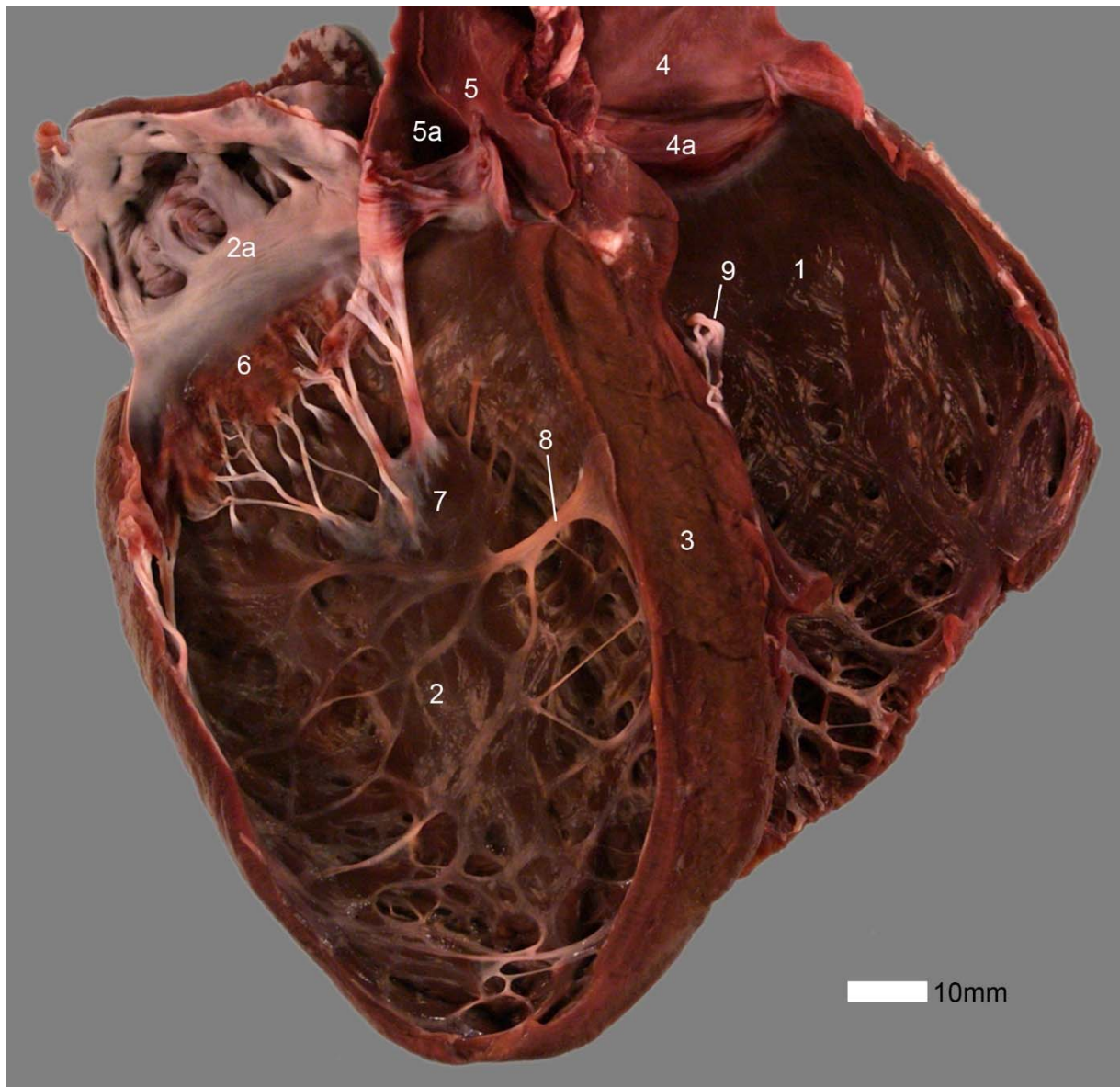


Abb. 32: Längsschnitt durch das Herz des Alpakas

1 – Ventriculus cordis dexter; 2 – Ventriculus cordis sinister; 2a – Atrium cordis sinister; 3 – Septum interventriculare; 4 – Truncus pulmonalis; 4a – Valva aortae, Valvula semilunaris intermedia; 5 – Aorta; 5a – Ursprung der A. coronaria sinistra; 6 – Cuspis parietalis der Valva atrioventricularis sinistra s. bicuspidalis s. mitralis mit Chordae tendineae zu 7 – M. papillaris subauricularis des linken Ventrikels; 8 – Trabecula septomarginalis; 9 – Chordae tendineae der Valva tricuspidalis zu Cuspis parietalis

Das Herz konnte in eine rechte und eine linke Herzhälfte unterteilt werden, die jeweils in ein Herzohr (*Auricula cordis*), einen Vorhof (*Atrium cordis*) und eine Hauptkammer (*Ventriculus cordis*) gegliedert war. Zwischen dem linken Vorhof und der linken Hauptkammer befand sich eine zweisegelige Atrioventrikularklappe (AV-Klappe, *Valva atrioventricularis sinistra*, *Valva bicuspidalis*, *Valva mitralis*) mit zugehöriger *Cuspis parietalis* und *Cuspis septalis*. Diese waren mit Sehnenfäden (*Chordae tendineae*) an zwei *Mm. papillares* des *Ventriculus cordis sinistra* befestigt. Die *Chordae tendinae* beider AV-Klappen setzten mit zahlreichen, feinen Fäden an den *Cuspes* an und verbanden sich dann zu je drei stärkeren Strängen, die zu den *Mm. papillares* zogen. Die *Mm. papillares* ragten als muskuläre, fingerartige Vorwölbungen in das Lumen des Ventrikels. Sie befanden sich an der freien Wand des Ventrikels, wobei einer unter dem Atrium (*M. papillaris subatrialis*) und einer unter dem Auricula (*M. papillaris subauricularis*) zu finden war. Ein starkes *Trabecula septomarginalis* zog von der Basis des *M. papillaris subauricularis* zum *Septum interventriculare*, zwei weitere von der Basis des *M. papillaris subatrialis* ebenfalls zum *Septum*. Jedoch war die gesamte Ventrikellinnenseite von zahlreichen septumähnlichen Spangen gesäumt, welche nach apikal zahlreicher wurden (Abb. 30 und Abb. 32).

Zwischen linker Kammer und Aorta befand sich die Aortenklappe (*Valva aortae*) mit drei Taschen: *Valvula semilunaris dextra*, *Valvula semilunaris septalis* und *Valvula semilunaris sinistra* (Abb. 33). Diese *Valvulae* bestanden aus dünnen, halbmondförmigen Häutchen, welche mit ihrer Basis an der Wand zwischen Kammer und Aorta festgemacht waren. Diese Membran war an ihren beiden seitlichen Fixationspunkten an der Gefäßwand unterbrochen. Anstatt des dünnen Häutchens waren hier nur fädige Strukturen ausgebildet, die von der Membran zur Wand des Gefäßes zogen. Dies ist in Abb. 33 bereits zu erahnen und in Abb. 34 deutlich zu sehen. Oberhalb der Aortenklappe traten die Herzkranzgefäße (*A. coronaria sinistra* und *dextra*) aus dem *Bulbus aortae*. Die *A. coronaria dextra* hatte ihren Ursprung 1 cm oberhalb des tiefsten Punktes des Klappenansatzes der *Valvula semilunaris dextra*, die linke entsprang 1 cm über der Basis der *Valvula semilunaris sinistra*.

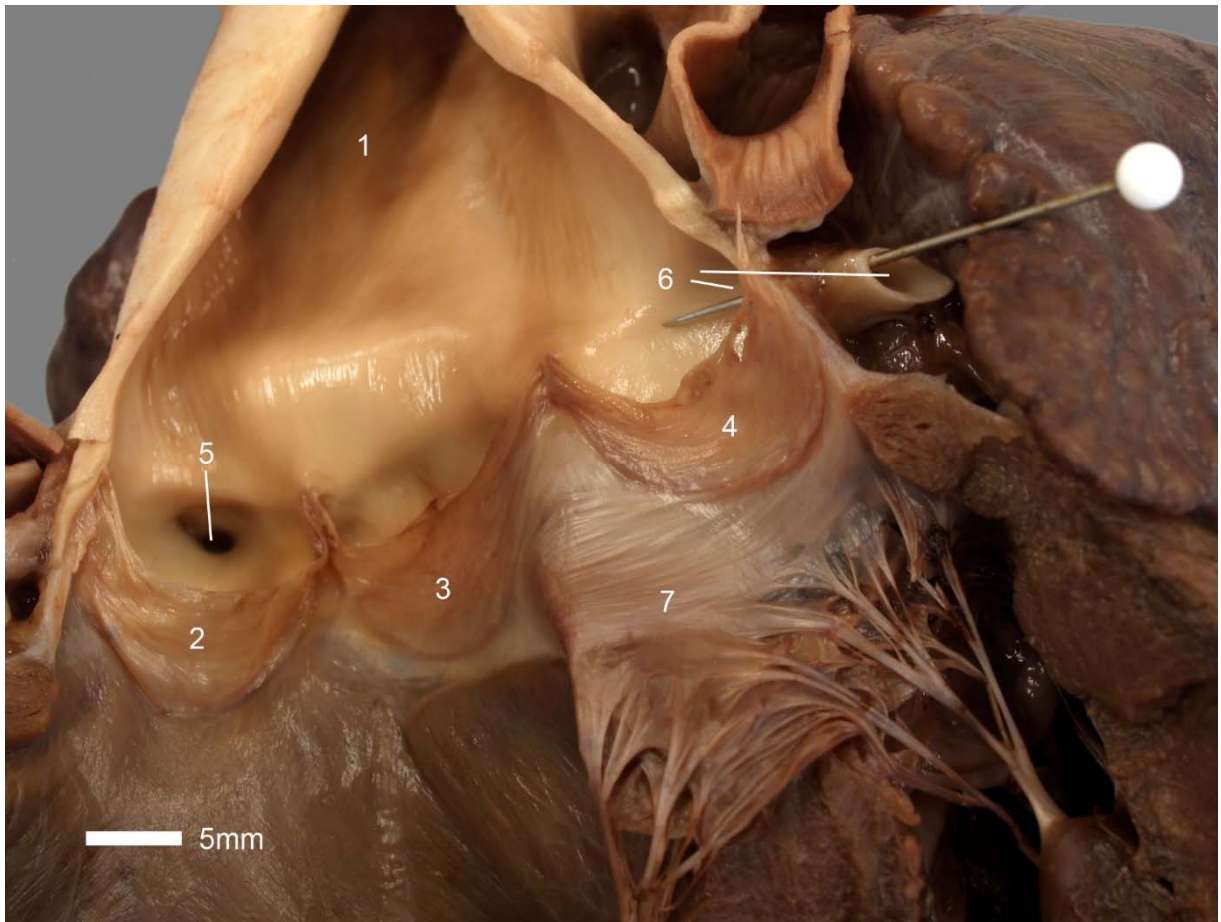


Abb. 33: Blick in die eröffnete Ausstrombahn der Aorta mit Valva aortae eines 6,5 Monate alten Alpakacrias

1 – Aorta; 2 – Valvula semilunaris dextra; 3 – Valvula semilunaris septalis; 4 – Valvula semilunaris sinistra der Valva aortae; 5 – Ursprung der A. coronaria dextra; 6 – Ursprung der A. coronaria sinistra (mit einer Nadel verdeutlicht); 7 – Cuspis septalis der Valva atrioventricularis sinistra s. bicuspidalis s. mitralis mit Chordae tendineae

Zwischen rechtem Atrium und Ventrikel gab es ebenfalls eine AV-Klappe (Valva atrioventricularis dextra, Valva tricuspidalis), welche aus drei Segeln (Cuspis parietalis, Cuspis angularis und Cuspis septalis) bestand. Die Chordae tendinae, die von den Segeln weggezogen, setzten an mehreren Mm. papillares an. An der freien Wand befand sich ein bis zu 1,5 cm hoher M. papillares subatrialis, an dem die Chordae tendinae der Cuspis parietalis ansetzten. Am Septum interventriculare befand sich eine fächerförmige Ansammlung von drei bis vier Muskelfingern (M. papillaris subarteriosus), die in das Ventrikellumen ragten und Chordae der Cuspis angularis und septalis empfangen. Zwei starke Trabeculae septomarginales zogen zwischen der Basis des M. papillaris subarteriosus und der Basis des M. papillares subatrialis. Die

Innenseite des Myokards war im rechten Ventrikel noch stärker von Spangen durchsetzt als im linken (Abb. 31).

Zwischen Truncus pulmonalis und rechtem Ventrikel lag die dreiteilige Pulmonalklappe (Valva trunci pulmonalis, Abb. 35) mit Valvula semilunaris intermedia, Valvula semilunaris sinistra und Valvula semilunaris dextra. Sie bestand, wie die Valva aortae, aus drei halbmondförmigen Häutchen, die an der Gefäßwand aufgespannt waren. Wie auf Abb. 35 und Abb. 36 deutlich zu erkennen, handelte es sich auch bei diesen Taschen nicht um durchgehende Membranen. Die freien Enden der Valvulae bildeten seitlich fädige Strukturen aus, die zur Gefäßwand zogen. Diese Fäden spannten sich beidseits der Taschen über das rechte und linke Drittel des freien Randes zu dem Punkt an der Gefäßwand, an dem auch die benachbarten Taschen ihre Befestigung hatten.

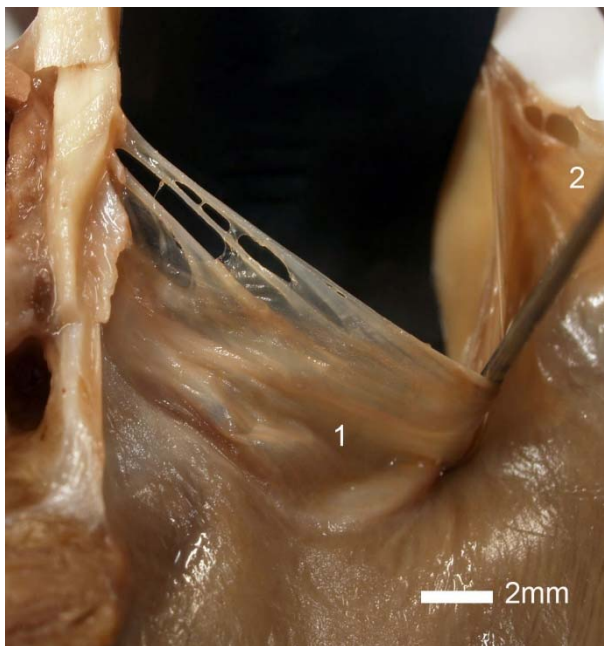


Abb. 34: Nahaufnahme der Valva aortae eines 6,5 Monate alten Alpakacrias

1 – Valvula semilunaris dextra (zu besserer Darstellung mit einer Nadel aufgespannt und schwarz hinterlegt);

2 – Valvula semilunaris septalis (weiß hinterlegt)



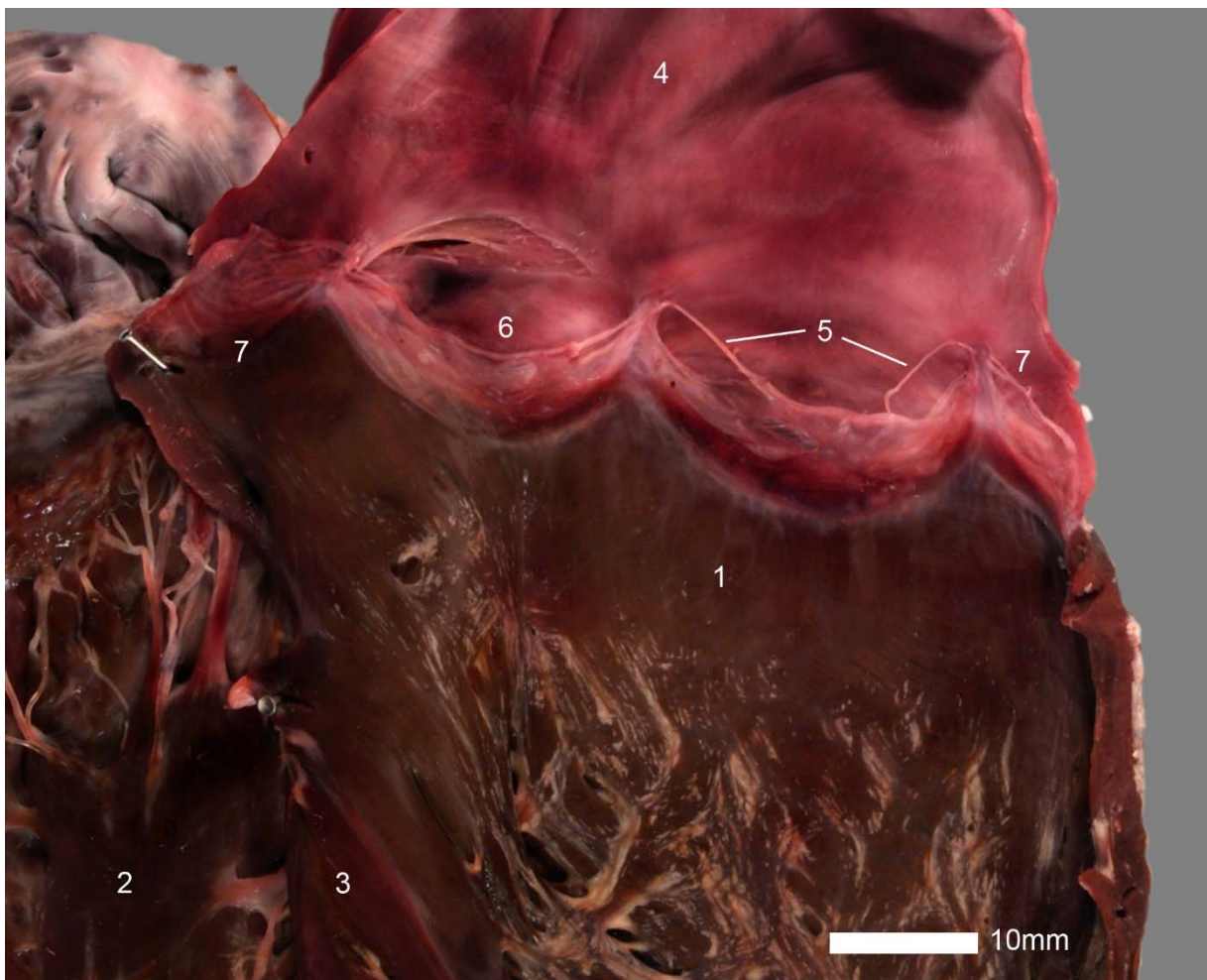


Abb. 35: Längsschnitt durch das Herz des Alpakas, Blick in den eröffneten und aufgeklappten Truncus pulmonalis

1 – Ventriculus cordis dexter; 2 – M. papillaris subauricularis des linken Ventrikels; 3 – Septum interventriculare; 4 – Truncus pulmonalis (eröffnet); 5 – Valvula semilunaris intermedia; 6 – Valvula semilunaris sinistra; 7 – Valvula semilunaris dexa

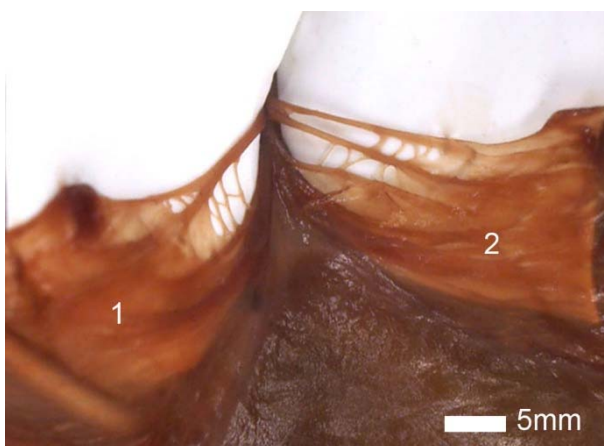


Abb. 36: Nahaufnahme der Valva trunci pulmonalis (weiß hinterlegt)

1 – Valvula semilunaris sinistra;  
2 – Valvula semilunaris intermedia

#### 4.4.2.3 Gefäßversorgung des Herzes

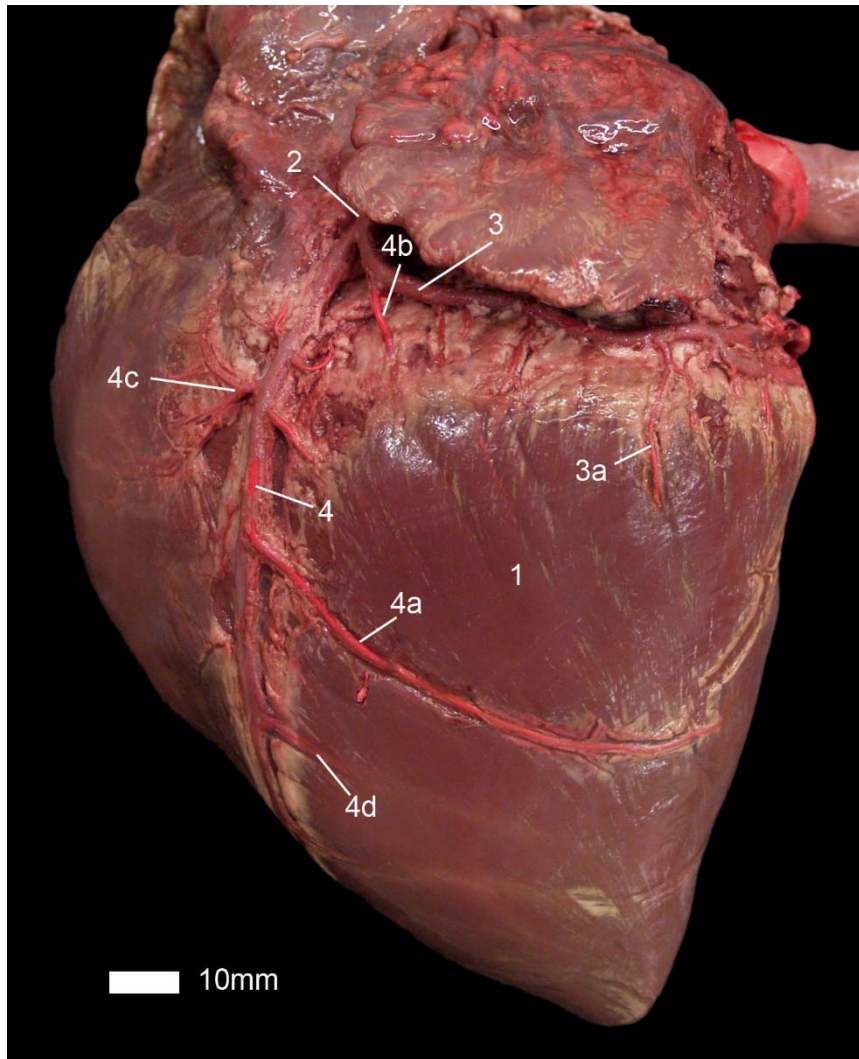


Abb. 37: Herz des Alpakas, Facies auricularis, Latexausguss

1 – Ventriculus sinister; 2 – A. coronaria sinistra; 3 – Ramus circumflexus der A. coronaria sinistra; 3a – Ramus proximalis ventriculi sinistra; 4 – Ramus interventricularis paraconalis der A. coronaria sinistra; 4a – Ramus collateralis sinister proximalis; 4b – Ramus angularis; 4c – Ramus coni arteriosi; 4d – Ramus collateralis sinister distalis

Die A. coronaria sinistra hatte ihren Ursprung aus der Aorta über der Valvula semilunaris sinistra. Unter dem Truncus pulmonalis wurde sie an der Facies auricularis sichtbar. Sie teilte sich unmittelbar im Winkel zwischen Truncus pulmonalis und Auricula dextra in zwei Äste. Der Ramus circumflexus zog im Sulcus coronarius um das Auricula sinistra und gab Äste an den Ventriculus cordis und das Atrium ab. Der Ramus interventricularis paraconalis zog geradewegs in den Sulcus interventricularis paraconalis, um Äste an den rechten und linken Ventrikel abzugeben. Im Winkel

zwischen Ramus circumflexus und Ramus interventricularis paraconalis ging eine zarter Ramus angularis ab.

Die A. coronaria dextra hatte ihren Ursprung aus der Aorta über der Valvula semilunaris dextra. Sie zog im Sulcus coronarius um das Atrium dextrum und gab Rami an den rechten Ventrikel und das rechte Atrium ab. Dann zog sie in den Sulcus interventricularis subsinuosus, um dort Äste an den rechten und linken Ventrikel abzugeben.

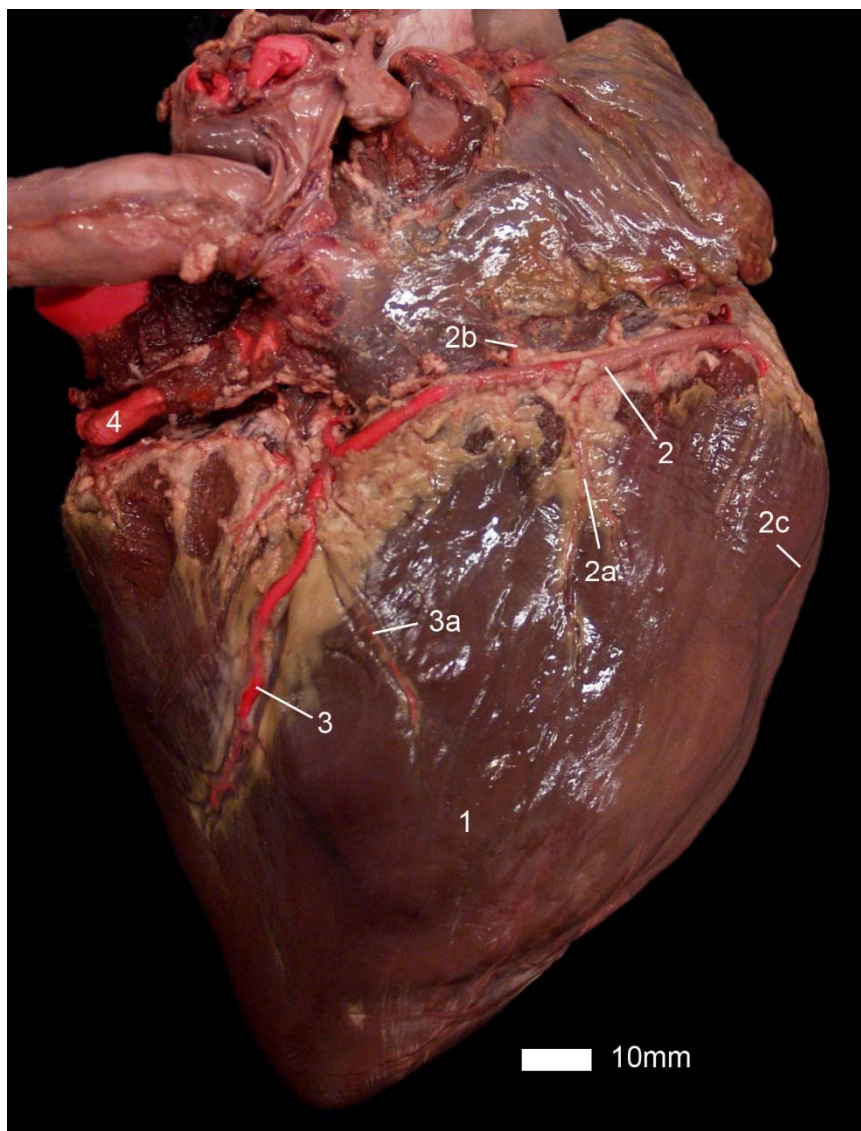


Abb. 38: Herz des Alpakas, Facies atrialis, Latexausguss

1 – Ventriculus dexter; 2 – A. coronaria dextra; 2a – Ramus distalis ventriculi dextri; 2b – Ramus distalis atrii dextri; 2c – Ramus marginis ventricularis dextri; 3 – Ramus interventricularis subsinuosus; 3a – Ramus collateralis dexter distalis; 4 – V. cordis magna aus dem Sinus coronarius



Bei der Blutversorgung des Herzes handelte es sich um eine arterielle Versorgung des beidseits-coronaren Typs.

Die V. cordis media verlief im Sulcus interventricularis subsinuosus und empfing Blut aus dem umgebenden Myocardium. Sie mündete im Sinus coronarius, welcher ebenfalls die V. cordis magna empfing. Diese verlief mit dem Ramus interventricularis paraconalis der A. coronaria sinistra im Sulcus interventricularis paraconalis, schlug im Winkel zwischen Truncus pulmonalis und Auricula sinistra scharf um, um mit dem Ramus circumflexus im Sulcus coronarius zum Sinus coronarius zu ziehen. Dieser mündete direkt in das rechte Atrium.

#### 4.4.3 Herzbeutel (Pericardium)

Diese dünne, durchscheinende Haut umgab das Herz vollständig. Je nach Ernährungszustand des Tieres waren am Herzbeutel unterschiedlich große Mengen Fett zu finden. Das Epikard schlug an den großen Gefäßen um und bildete das parietale Blatt des Pericardium serosum. Ventral war er mit dem Ligamentum sternopericardiacum fixiert, welches in den Winkel zwischen Sternum und Zwerchfell zog.

#### 4.4.4 Gefäße des Brustkorbes und der Brustkorbhöhle

##### 4.4.4.1 Aorta und Arterien

Die Aorta entsprang aus dem linken Ventrikel, bildete den Bulbus aortae, indem sie ihren Durchmesser vergrößerte und bog dann im Arcus aortae kaudal ab, um die Aorta decedens zu bilden. Am Arcus entließ sie den Truncus brachiocephalicus sowie eine separate A. subclavia sinistra. In einem der sechs untersuchten Tiere waren die Ursprünge dieser beiden Gefäße so eng beieinander gelegen, dass der Eindruck eines gemeinsamen Ursprunges entstehen konnte. In den anderen Tieren entsprang die A. subclavia sinistra deutlich getrennt dorsal des Truncus brachiocephalicus. Gegenüber des Subclaviaabganges befand sich das Lig. arteriosum, welches Aorta und Truncus pulmonalis verband. Dorsal gab sie Aa. intercostales dorsales (Abb. 47) für die Zwischenrippenräume 3-11 ab. Diese Gefäße entsprangen mit einem gemeinsamen Ursprung aus der Aorta, um sich dann zu spalten und die Rippen der rechten und linken Seite zu versorgen. Das erste Arterienpaar hatte seinen Ursprung auf Höhe des



vierten Interkostalraum und erstreckte sich dann dorsokranial, um den dritten IKR zu erreichen. Ventral entließ die Aorta auf Höhe der 6. Rippe die A. bronchooesophagea.

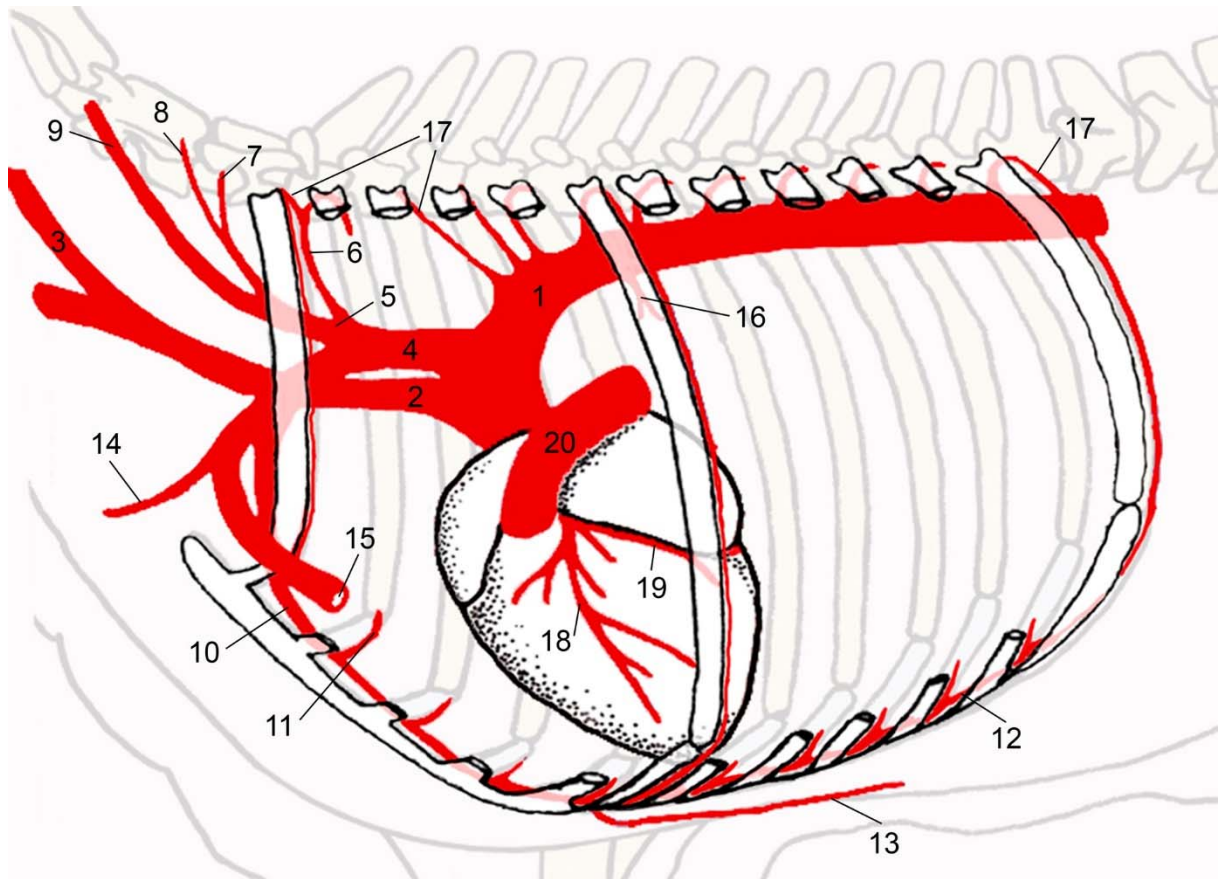


Abb. 39: Schematische Darstellung der Arterien im Brustkorb des Alpakas (Ansicht von links)  
 1 – Aorta thoracica; 2 – Truncus brachiocephalicus; 3 – A. carotis communis sinistra;  
 4 – A. subclavia sinistra; 5 – Truncus costocervicalis; 6 – A. intercostalis suprema;  
 7 – A. scapularis dorsalis; 8 – A. cervicalis profunda; 9 – A. vertebralis; 10 – A. thoracica interna; 11 – Aa. intercostales ventrales; 12 – A. musculophrenica; 13 – A. epigastrica cranialis;  
 14 – A. thoracica externa; 15 – A. axillaris; 16 – A. bronchooesophagea; 17 – Aa. intercostales dorsales; 18 – A. coronaria sinistra Ramus descendens; 19 – A. coronaria sinistra Ramus circumflexus; 20 – Truncus pulmonalis

Der Truncus costocervicalis entließ die A. intercostalis suprema, welche die ersten beiden IKR versorgte. Kranial der ersten Rippe entließ der Truncus costocervicalis außerdem die A. scapularis dorsalis, die A. cervicalis profunda und die A. vertebralis. Der Truncus brachiocephalicus gab die A. subclavia dextra ab und teilte sich in die A. carotis communis sinistra und dextra. Die A. subclavia sinistra entließ den Truncus

costocervicalis sinister. Die A. subclavia verließ den Brustkorb kranial der ersten Rippe in dem Winkel, den diese mit dem Manubrium sterni bildete. Zuvor gab sie die A. thoracica interna ab. Diese verlief unmittelbar dorsal gelegen am lateralen Rand des Sternums, und dessen Übergang zu den Rippenknorpeln und war vom M. transversus thoracis bedeckt. Die A. thoracica interna gab die Aa. intercostales ventrales für die IKR 2-4 ab. Auf Höhe der fünften Rippe teilte sie sich in die A. musculophrenica und die A. epigastrica cranialis. Außerhalb des Thorax gab die A. subclavia die A. thoracica externa ab und zog als A. axillaris weiter, um das Vorderbein zu versorgen. Dann zog die Aorta als Aorta descendens direkt ventral der Brustwirbelsäule gelegen zum Zwerchfell und verließ den Thorax durch den Hiatus aorticus.

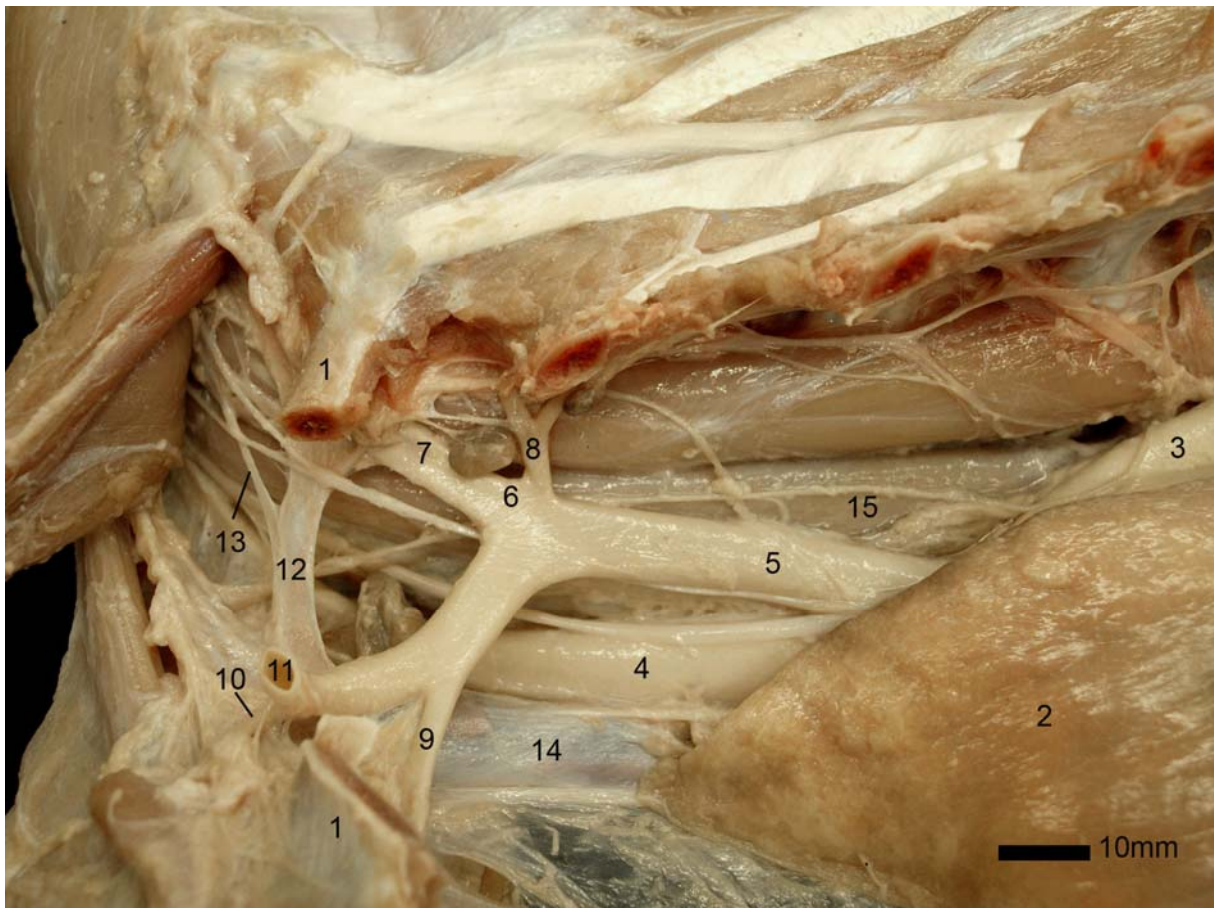


Abb. 40: Arterien und Venen im kranialen Thorax des Alpakas

1 – erste Rippe; 2 – Pulmonis sinister; 3 – Aorta; 4 – Truncus brachiocephalicus; 5 – A. subclavia sinistra; 6 – Truncus costocervicalis; 7 – A. vertebralis; 8 – A. intercostales suprema; 9 – A. thoracica interna; 10 – A. thoracica externa; 11 – A. axillaris; 12 – V. costocervicalis; 13 – V. vertebralis; 14 – V. cava cranialis; 15 – Ösophagus

---

#### 4.4.4.2 Venen

Nachdem sich auf beiden Seiten die V. cephalica, sowie die linke und rechte Jugularvene auf Höhe der ersten Rippe vereinigt hatten, empfingen sie die V. subclavia und traten durch die Apertura thoracis cranialis als V. cava cranialis in den Brustkorb ein. Die V. cava cranialis empfing die V. thoracica interna, die V. costocervicalis und die V. azygos dextra. Sie begleitete die Trachea im präkardialen Mediastinum bis zum Herz. Die V. azygos dextra (Abb. 27, Abb. 47) bildete sich aus dem Zusammenfluss der paarigen Venen der IKR 3 bis 11 und der von ventral kommenden V. bronchoesophagea (Abb. 27). Sie mündete kranial des Bronchus trachealis in die V. cava cranialis. Die Venen aus den IKR eins und zwei mündeten in die V. costocervicalis, welche die V. cava cranialis auf Höhe der zweiten Rippe erreichten. Eine V. azygos sinistra stellte sich bei keinem der Tiere dar.

Die V. cava caudalis erreichte die Brusthöhle durch das Foramen venae cavae des Zwerchfells und zog nahe der Speiseröhre zum Herz. Sie hatte ihre eigene Plica venae cavae als Teil des Recessus mediastini und wurde vom rechten N. phrenicus dexter begleitet.

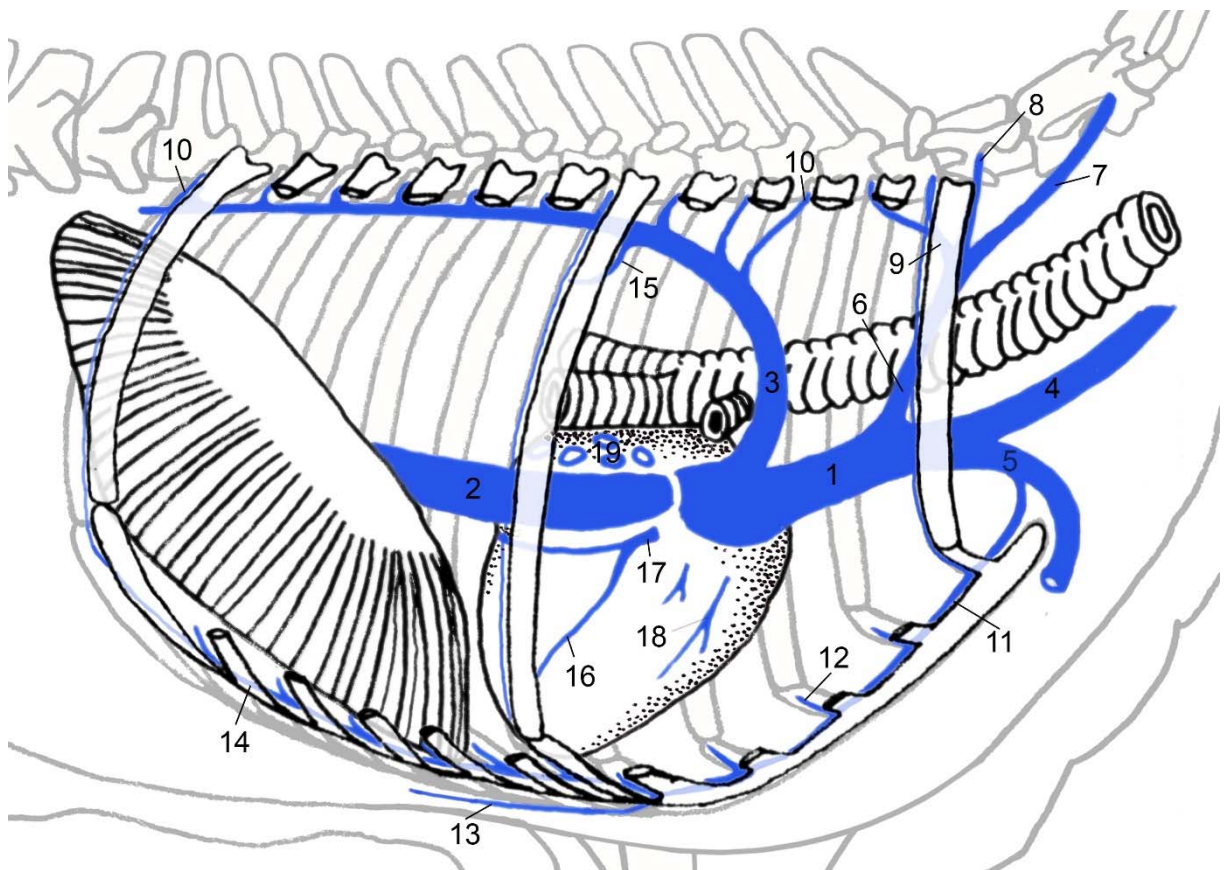


Abb. 41: Schematische Darstellung der Venen im Brustkorb des Alpakas (Ansicht von rechts)  
 1 – V. cava cranialis; 2 – V. cava caudalis; 3 – V. azygos dextra; 4 – V. jugularis externa;  
 5 – V. subclavia; 6 – V. costocervicalis; 7 – V. vertebralis; 8 – cervicalis profunda;  
 9 – V. intercostalis suprema; 10 – Vv. intercostales dorsales; 11 – V. thoracica interna;  
 12 – Vv. intercostales ventrales; 13 – V. epigastrica cranialis; 14 – V. musculophrenica;  
 15 – V. bronchooesophagea; 16 – V. cordis media; 17 – Sinus coronarius; 18 – Vv. cordis  
 dextrae; 19 – Vv. pulmonales



#### 4.4.5 Luftröhre (Trachea)

Die Luftröhre (Trachea) verband die oberen mit den unteren Atemwegen. Sie schloss kaudal an den Kehlkopf (Larynx), zog, begleitet von der Speiseröhre, durch den Hals und trat durch die Apertura thoracica cranialis in den Brustkorb ein. Hier verlief sie im Mediastinum rechts des Arcus aortae und dorsal der V. cava cranialis bis sie sich, in der Trachealbifurkation (Bifurcatio tracheae), zweiteilte, um die beiden Lungen (Pulmo dextra et sinistra) zu belüften. Bei den untersuchten Tieren gab sie kaudal der Vereinigungsstelle von V. azygos dextra und V. cava cranialis, 1,5 cm kranial der Bifurkation einen Bronchus trachealis an die rechte Lunge ab, der den rechten vorderen Lungenlappen (Lobus cranialis pulmonis dextri). Die Trachealspangen waren dorsal offen, wobei sich die Enden berührten oder um wenige Millimeter überlappten. Der Querschnitt durch die Trachea war rund bis leicht queroval, wobei die ventrale Seite deutlich konvex war und die dorsale Seite abgeflacht war und in der Mitte eine leichte Einziehung hatte. Dorsal im Lumen spannte sich der M. trachealis.

#### 4.4.6 Bronchialbaum

Nach der Bifurcatio tracheae traten die luftleitenden Wege mit den paarigen Hauptbronchien (Bronchus principalis dexter und sinister) in die Lungen ein. Hier teilten sie sich entsprechend der Lungenlappen (Lunge (Pulmo) Lunge (Pulmo)) und verzweigten sich dann immer feiner in Bronchioli und Alveolen.

Auf der rechten Seite zweigte ein Bronchus trachealis von der Trachea zum Lobus cranialis pulmonis dextri ab. Links wurde der Lobus cranialis pulmonis sinistri von einem Bronchus belüftet, der vom Hauptbronchus nach kranial abzweigte. Rechts wie links entließ der Hauptbronchus je einen Bronchus nach ventrolateral und einen nach kaudal, um den Lobus caudalis zu belüften. Der ventrolateral ziehende Bronchus war rechts voluminöser und belüftete den Lobus medius. Rechterhand zog ein kleiner akzessorischer Bronchus zum Lobus accessorius pulmonis dextri.

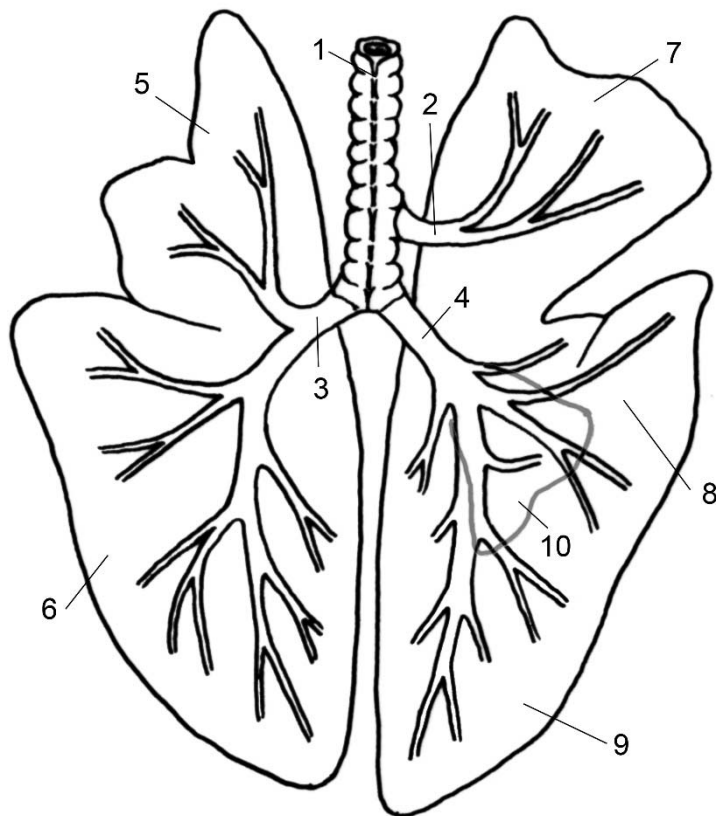


Abb. 42: Schematische Darstellung des Bronchialbaumes und der Lobi pulmones des Alpakas  
1 – Trachea; 2 – Bronchus trachealis; 3 – Bronchus principalis sinister; 4 – Bronchus principalis dexter; 5 – Lobus cranialis pulmonis sinistra; 6 – Lobus caudalis pulmonis sinistra; 7 – Lobus cranialis pulmonis dextri; 8 – Lobus medius pulmonis dextri; 9 – Lobus caudalis pulmonis dextri; 10 – Lobus accessorius pulmonis dextri

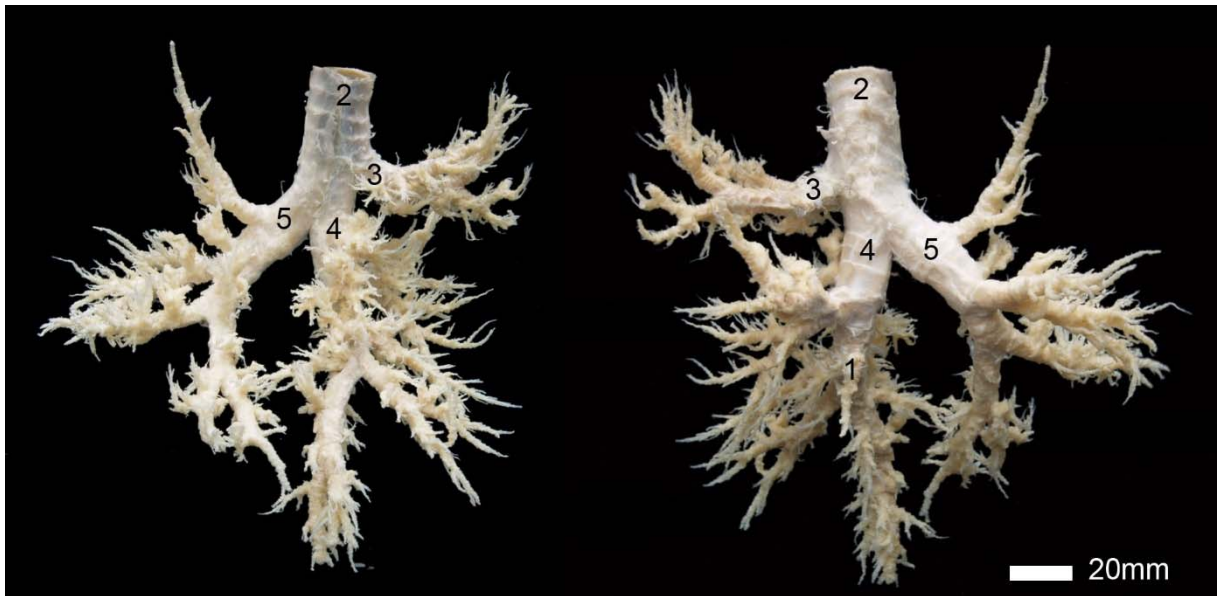


Abb. 43: Bronchialbaum des Alpakas, Ansicht von dorsal (links) und ventral (rechts)

1 – Bronchus des Lobus accessorius pulmonis dextri; 2 – Trachea; 3 – Bronchus trachealis; 4 – Bronchus principalis dexter; 5 – Bronchus principalis sinister

#### 4.4.7 Lunge (Pulmo)

Die Lunge war in eine rechte und eine linke Lunge unterteilt. Jede Lunge bestand aus einem kleineren Lobus cranialis und einem größeren Lobus caudalis, welche durch den Einschnitt des Herzes getrennt waren und von den Bronchien belüftet wurden. Die Oberfläche der Lunge war einheitlich und wies, außer zwischen Lobus cranialis und Lobus medius pulmonis dextri, keine Einschnitte auf. Die rechte Lunge ließ einen Lobus medius mit zugehörigem Bronchus erkennen. Außerdem war der Lobus cranialis pulmonis dextri durch einen eigenen Bronchus trachealis direkt belüftet. Im Recessus mediastini (Abb. 28) befand sich ein kleiner Lobus accessorius pulmonis dextri. Die Lungen retrahierten beim Eröffnen des Brustkorbes stark (Abb. 45 und Abb. 46). Die Pleuraausdehnung lässt erkennen, dass die rechte Lunge kranial bis zur ersten Rippe heranreicht, den Brustkorb zwischen Mediastinum und Rippenbogen ausfüllt und sich kaudal dem Zwerchfell anlegt. Der Lobus caudalis ragt ventral der Wirbelsäule bis unter den ersten Lendenwirbel. Der Lobus accessorius pulmonis dextri füllt den Recessus mediastini aus. Linkerhand dehnt sich die Lunge vom ersten IKR bis zur zwölften Rippe. Im kranialen Mediastinum nimmt der Lobus cranialis pulmonis sinistri deutlich weniger Raum ein als der Lobus cranialis pulmonis dextri.

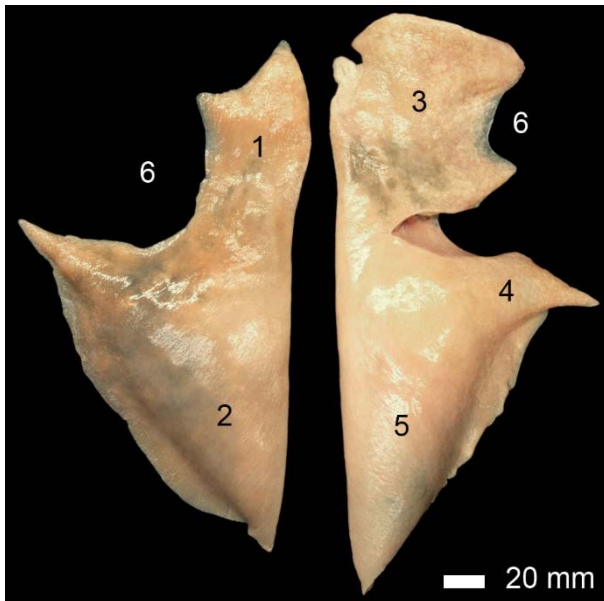


Abb. 44: Lunge des Alpakas (Dorsalansicht)

1 – Lobus cranialis pulmonis sinistra; 2 – Lobus caudalis pulmonis sinistra; 3 – Lobus cranialis pulmonis dextri; 4 – Lobus medius pulmonis dextri; 5 – Lobus caudalis pulmonis dextri; 6 – Incisura cardiaca

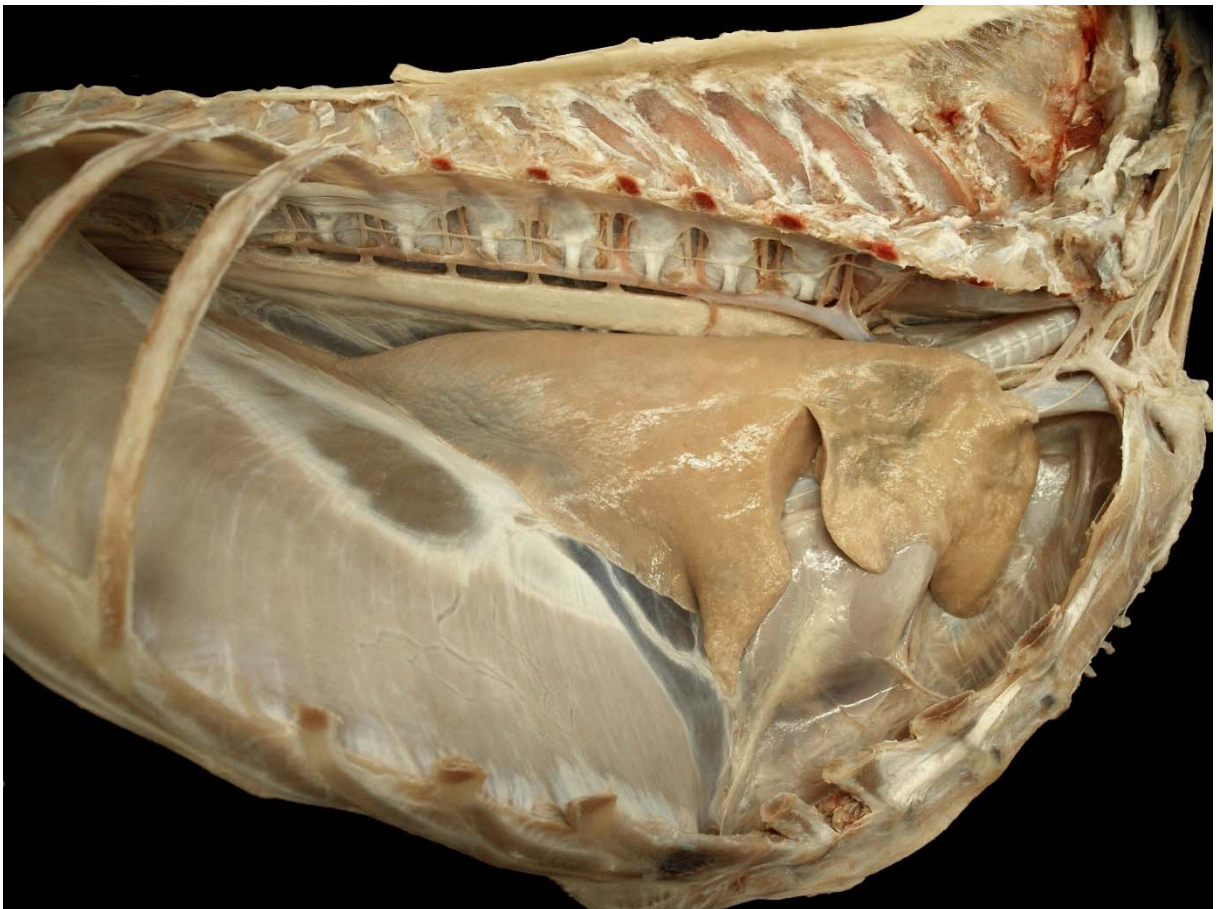


Abb. 45: Lage der Lunge im eröffneten Thorax, Ansicht von rechts (Lunge stark retrahiert)



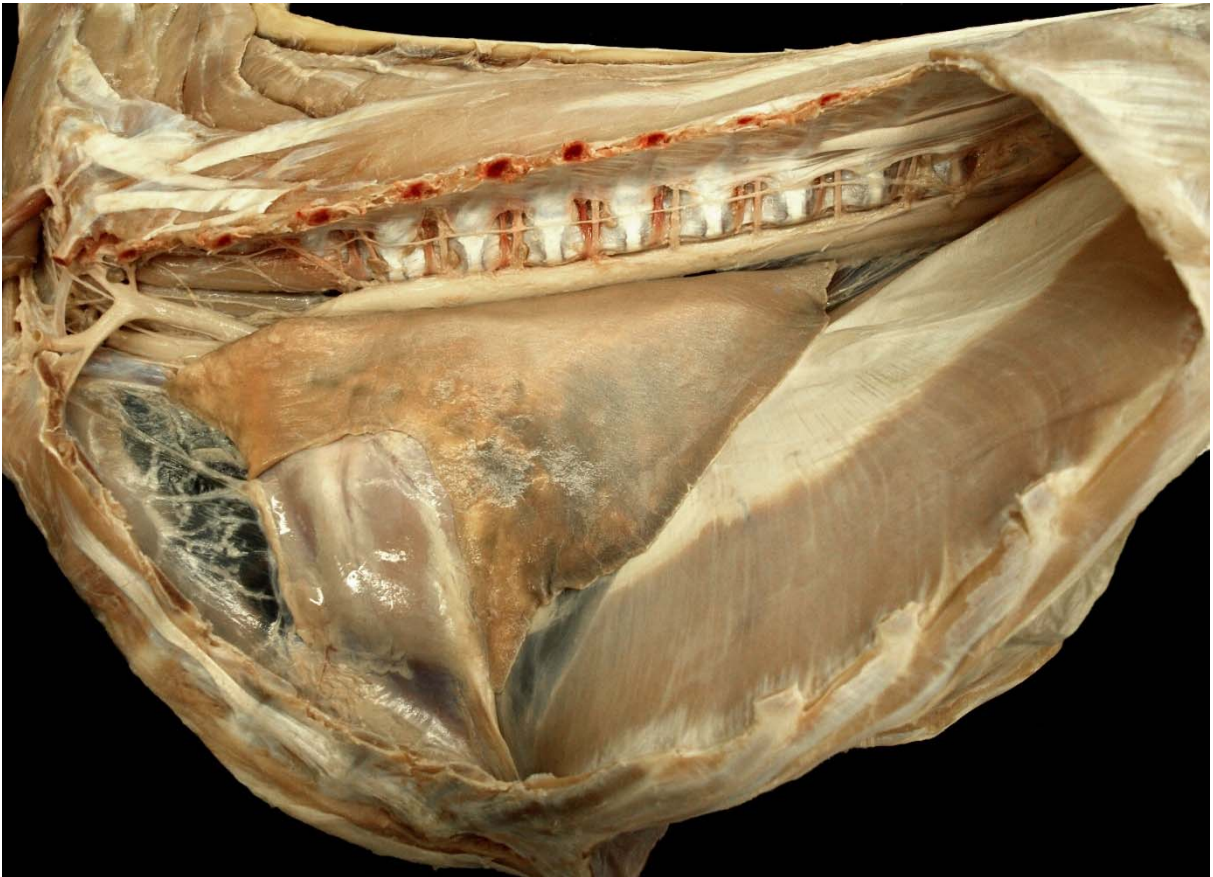


Abb. 46: Lage der Lunge im eröffneten Thorax, Ansicht von links (Lunge stark retrahiert)

#### 4.4.8 Speiseröhre (Oesophagus)

Die Speiseröhre zog durch die Apertura thoracis cranialis in den Brustkorb. Im präkardialen Mediastinum verlief sie links der Trachea, zog dann dorsal über die Bifurkation hinweg, um anschließend im postkardialen Mediastinum bis zum Hiatus oesophageus zu ziehen. Auf Höhe des Herzes teilten sich die Nervi vagi und bildeten den Truncus vagalis dorsalis und ventralis, welche die Speiseröhre durch den Hiatus oesophageus.

#### 4.4.9 Nerven

##### 4.4.9.1 Truncus sympathicus

Das Ganglion cervicothoracicum markierte den Beginn des Truncus sympathicus in unmittelbarer Nähe der Wirbelsäule. Das Ganglion lag auf Höhe der ersten IKR lateral des M. longus colli. Von dort zog der Truncus sympathicus kaudal und lag lateral entlang der Wirbelsäule. Eine Ansa subclavia ließ sich nicht nachweisen. Lateral an jedem Wirbelkörper der Brustwirbelsäule befand sich ein kleines sympathisches Ganglion. Diese waren durch Rami interganglionares miteinander verbunden und Rami communicantes (Abb. 27, Abb. 47) zogen von ihnen dorsal.

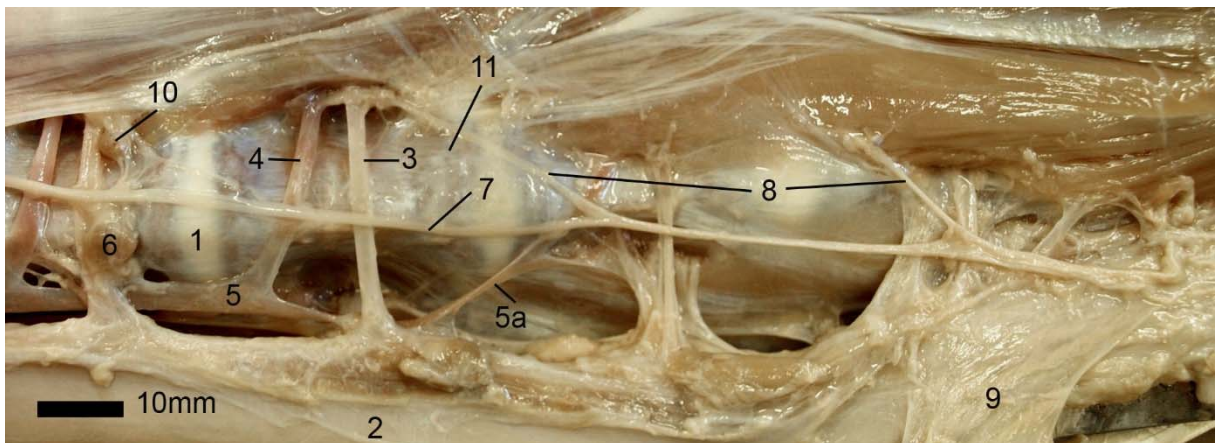


Abb. 47: Nahaufnahme des Truncus sympathicus und der Aa. und Vv. intercostales dorsales des Alpakas (Ansicht von links)

1 – Discus intervertebralis thoracicus 11; 2 – Aorta; 3 – A. intercostalis dorsalis; 4 – V. intercostalis dorsalis; 5 – V. azygos dextra; 5a deren Ende; 6 – Ln. thoracicus aorticus; 7 – Truncus sympathicus; 8 – Rami communicantes; 9 – Diaphragma Crus sinistrum; 10 – Ln. intercostales; 11 – Vertebra thoracica 12

##### 4.4.9.2 N. vagus

Der N. vagus zog zusammen mit der A. carotis communis und der V. jugularis externa zur Apertura thoracis cranialis. Gemeinsam mit dem N. phrenicus verlief er ventral der A. subclavia und zog dann in den Thorax. Bis hierhin war sein Verlauf auf der linken und rechten Seite gleich.

Der N. vagus dexter zog dorsal, nachdem er die A. subclavia hinter sich gelassen hatte. Zuerst befand er sich lateral der Trachea, dann aber dorsal der Trachea sowie

ventral der V. azygos dexter. Anschließend begleitete er den Ösophagus im postkardialen Mediastinum. Auf Höhe der Bifurkation teilte er sich in einen dorsalen und einen ventralen Ast, welche sich beide an die Speiseröhre schmiegen und diese umgaben. Der dorsale Anteil empfing entsprechende Äste vom gegenüberliegenden N. vagus sinister. Gemeinsam zogen sie als Truncus vagalis dorsalis dorsal an der Speiseröhre zum Hiatus esophageus und durch diesen hindurch. Der ventrale Teil des N. vagus dexter verblieb ventral der Speiseröhre und verband sich ebenfalls mit entsprechenden Fasern des N. vagus sinister, um den Truncus vagalis ventralis zu formen, welcher den Ösophagus ventral bis zum Zwerchfell und durch den Hiatus hindurch begleitete.

Der N. vagus sinister zog zusammen mit dem N. phrenicus sinister zwischen A. subclavia sinistra und dem Truncus brachiocephalicus und passierte den Arcus aortae links. Er gab Äste zum Arcus aortae und zum Herz ab. Dann verlief er zwischen Aorta thoracica und Trachea. Anschließend zweigte er sich ebenfalls in einen dorsalen und einen ventralen Ramus auf, der sich mit den Ästen des N. vagus dexter vereinigte, wie bereits beschrieben. Außerdem entsandte er Äste an die Lungen.

#### 4.4.9.3 N. phrenicus

Der N. phrenicus entsprang auf beiden Seiten zusammen mit dem siebten Spinalnerven zwischen den letzten beiden Halswirbeln (6 und 7). Er zog ventral, überquerte den M. longus colli und erreichte den Thorax zwischen der A. subclavia und dem Truncus bicaroticus. Kranial der ersten Rippe empfing er beidseits einen schmalen Nervenstrang der mit dem N. vagus von kranial kommend verlief (Abb. 48). Der rechte N. phrenicus (Abb. 27) lag ventral der V. cava cranialis an und begleitete diese zum Herz. Dann zog er auf Höhe der Klappenebene rechts am Herz vorbei und begleitete anschließend die V. cava caudalis bis diese das Centrum tendineum des Zwerchfells erreichten.

Der linke N. phrenicus (Abb. 26) zog erst ventral der A. subclavia sinistra, dann mit dem Truncus brachiocephalicus und anschließend am Herz vorbei, um im postkardialen Mediastinum bis zum Zwerchfell zu gelangen.

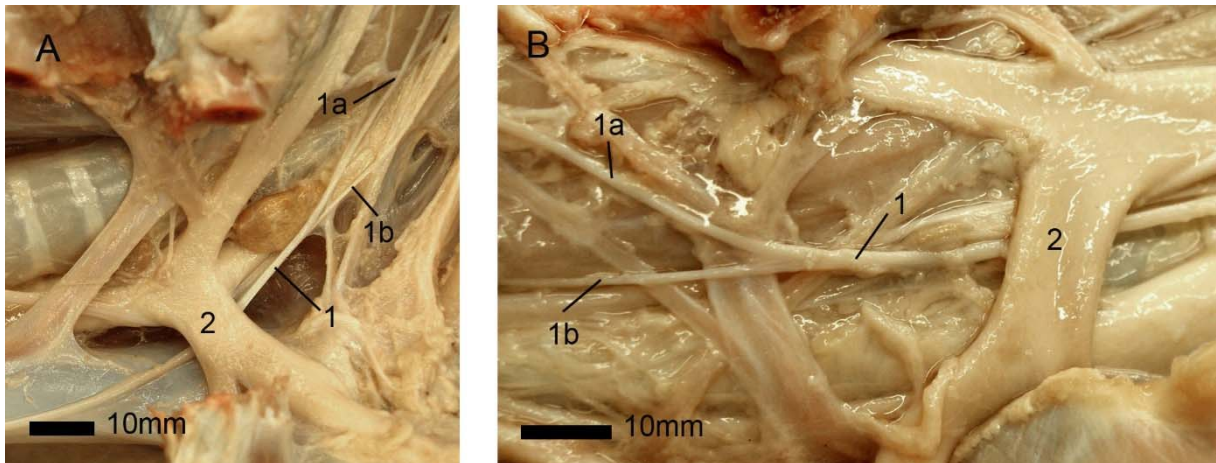


Abb. 48: Verlauf des N. phrenicus des Alpakas kranial der ersten Rippe

A – Ansicht von rechts; B – Ansicht von links

1 – N. phrenicus; 1a – Stamm des N. phrenicus vom 7. Spinalnerven; 1b – Ast der von kranial in den N. phrenicus einfließt; 2 – A. subclavia dextra/sinistra

#### 4.4.10 Lymphknoten

##### 4.4.10.1 Lc. thoracicum dorsale

Die Lnn. thoracici aortici (Abb. 47) lagen im Winkel zwischen der Aorta thoracica und den Aa. sowie Vv. intercostales dorsales. Es war sehr einfach, diese seitlich des 4.-11. Wirbelkörpers der Brustwirbelsäule zu finden.

Einige Lnn. intercostales (Abb. 47) erschienen in variabler Anzahl von kleinen Knoten in den Interkostalräumen laterodorsal des Truncus sympathicus nahe der Aa. und Vv. intercostales dorsales.

##### 4.4.10.2 Lc. thoracicum ventrale

Paarig lagen die Lnn. sternales craniales dorsal am Sternum. Sie befanden sich ventral der A. und V. thoracica interna sowie kranial des M. transversus thoracis.

Die Lnn. sternales caudales waren bei den untersuchten Tieren nicht nachweisbar.

##### 4.4.10.3 Lc. mediastinale

Zwei kleine Lnn. mediastinales craniales befanden sich im präkardialen Mediastinum. Einer im Winkel zwischen Truncus brachiocephalicus und Arcus aortae, der andere ventral des Truncus sowie zwischen A. subclavia sinistra und Ösophagus. Ein bis zwei



Lnn. mediastinales medii erschienen unter der Bifurcatio tracheae und der V. azygos dextra. Zwei bis drei Knoten lagen ventral des Arcus aortae, zwischen Aorta und Ösophagus. Lnn. mediastinales caudales waren zwischen Aorta und Ösophagus zu finden. Sie befanden sich ventral der Aorta thoracica entlang der ganzen Strecke zum Zwerchfell. Sie erschienen als vier bis fünf separate Pakete mit einer Länge von 4 cm und einem Durchmesser von 0,5 cm. Außerdem gab es einige kleine Lymphknoten ventrolateral der Speiseröhre.

#### 4.4.10.4 Lc. bronchale

Es gab keine Lymphknoten, die zweifelsfrei der Trachea oder der Lunge zugeordnet werden konnten. Die zwischen Aortenbogen und Trachea gelegenen Lymphknoten ließen ihre Zugehörigkeit zu den Lnn. tracheobronchales sinistri vermuten. Die anderen Lymphknoten nahe des Aortenbogens wurden hier den Lnn. mediastinales medii zugeordnet.

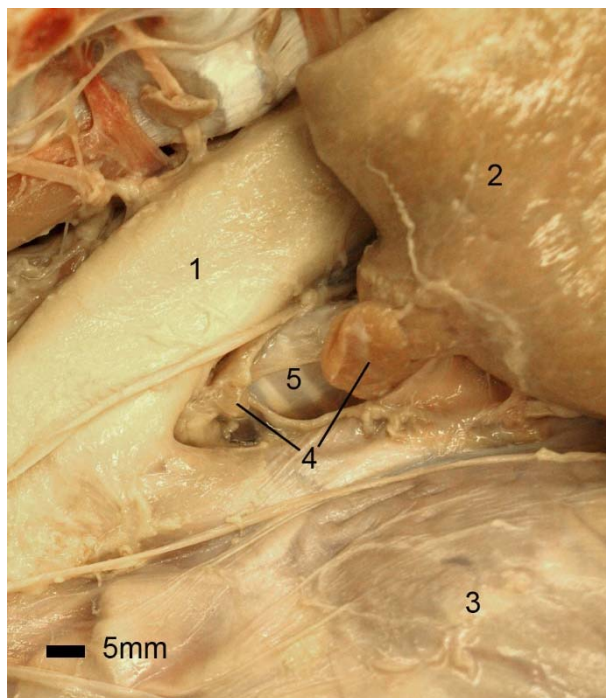


Abb. 49: Lnn. tracheobronchales sinistri des Alpakas (Blick in den eröffneten Thorax von links)  
1 – Arcus aortae; 2 – Lobus cranialis pulmonis sinistri nach kaudal umgeschlagen;  
3 – Herz im Perikard; 4 - Lnn. tracheobronchales sinistri; 5 – Bifurcatio tracheae

---

## 5 Diskussion

### 5.1 Methodik

#### 5.1.1 Auswahl der Tiere

Die untersuchten Tiere stammten aus Privathand oder vom Lehr- und Versuchsgut in Oberschleißheim. Daher konnte eine genaue Anamnese zur Todesursache der Alpakas erstellt werden. Es wurden ausschließlich Tiere zur Sektion zugelassen, deren Todesursache keine Veränderungen im Bereich der Brusthöhle nach sich zog. Zwei Tiere waren stark abgemagert, was eine verringerte Fettmenge zur Folge hatte. Dies erwies sich jedoch nicht als Nachteil für die Präparation, da so keine Strukturen im Fettgewebe übersehen werden konnten. Des Weiteren wurden Tiere beider Geschlechter präpariert, da im Bereich des Brustkorbes keine geschlechtsbedingten Unterschiede zu erwarten waren. Allerdings ist die Anzahl der Tiere in dieser Studie mit  $n=6$  zu gering, um tatsächlich statistisch belastbare Ergebnisse zu erzielen. Da es aber bisher noch keine umfangreichen anatomischen Beschreibungen zum Alpaka gibt, bietet diese Arbeit eine gute Basis für die anatomische Beschaffenheit dieser Tiere sowie für weitere Forschungen zu diesem Thema.

#### 5.1.2 Fixationsmaßnahmen

Die eher vorsichtige Fixierung der Präparate mit einer 50%igen Ethanollösung bzw. in Pökelsalzlake hatte den Vorteil, dass ein gewisser Grad an Elastizität der Gewebe erhalten wurde. Dies vereinfachte nicht nur die Präparation, es ermöglicht auch eine exaktere Darstellung der Topographie und verhinderte Fixationsartefakte. Außerdem war so nur mit geringen Farbabweichungen des Gewebes zu rechnen. Da die Farbe jedoch keinen Einfluss auf die anatomischen Gegebenheiten hat, wurde diese kleine Veränderung in Kauf genommen, um einer frühzeitigen Zersetzung der Präparate entgegen zu wirken. Ein Nachteil der geringen Fixation zeigte sich jedoch an den Lungen der Tiere. Diese waren stets stark kontrahiert und auf etwa ein Drittel ihrer ursprünglichen Größe geschrumpft. Auf die Anatomie des Organs selbst, betreffend Aussehen und Form hatte die Retraktion nur einen geringen Einfluss, weshalb die Lunge in dieser Arbeit trotzdem beschrieben werden kann, jedoch aber auf die Topographie der Lunge im Brustkorb. Anhand der Pleuraausdehnung konnte die

ursprüngliche Größe der Lungen jedoch trotzdem recht gut abgeschätzt werden. Ihr Ausmaß in vivo, wie auch die Lagebeziehungen von Herz, Lunge und Brustwand zueinander können hier nur geschätzt werden. Da es in dieser Arbeit auch um die feinen Strukturverläufe von Nerven und Gefäßen im Brustkorb ging, wurde auf eine starke Fixation verzichtet. So ist es einfacher, den genauen Verlauf zum Beispiel eines Gefäßes in tieferen Schichten nachzuvollziehen, wenn es sich um weiches Gewebe handelt, das man vor dem Schneiden zur Seite drängen kann, um nicht versehentlich tiefer liegende Strukturen zu verletzen.

Das Einfrieren der Präparate erwies sich als äußerst sinnvolle Methode, um Stücke über längere Zeit zu lagern. Es konnten keine Veränderungen der Präparate nach dem Auftauen gegenüber dem Zustand vor dem Einfrieren festgestellt werden.

Zur besseren Darstellung der Gefäße wurde bei zwei Tieren das Gefäßsystem mit roter Latexmilch injiziert. So konnten keine Arterien übersehen werden und es ermöglichte einen sehr guten Überblick über die Blutversorgung im Brustkorb. Allerdings mussten Gefäße mit dickeren Wandstärken, wie beispielsweise die Aorta, eröffnet werden, um das Latex sichtbar zu machen. Dies führte zu einer reduzierten ästhetischen Anschaulichkeit der Präparate, weshalb in dieser Arbeit vor allem Bilder aus darauffolgenden Präparationen verwendet wurden. Für die Gefäßverläufe am Herz ergaben sich jedoch schöne Präparate, die in dieser Arbeit zu finden sind.

Die schwimmende Darstellung des Bronchialbaumes hatte den entscheidenden Vorteil die Lage der Bronchien zueinander räumlich darzustellen. Hierfür war eine mittlere Fixation des Präparates notwendig, um ein Aufschwimmen der feineren Bronchien zu verhindern. Dies geschah bereits in hängendem Zustand im Aquarium, um die Lage der Bronchien zueinander nicht zu verändern. Beim mechanischen Herausschälen des Baumes aus dem Lungenparenchym verblieben feinere Bronchien und Bronchioli im Lungengewebe. Diese Darstellung bildet also nicht die kompletten luftleitenden Wege der Lunge ab, sondern ermöglicht gerade durch die Konzentration auf die größeren Anteile des Bronchialbaumes einen Überblick über die Richtung und Lage der Lappenbronchien.

---

### 5.1.3 Präparation

Die klassische Präparation der Organe mit herkömmlichen Mitteln stellte die sinnvollste Methode dar, um einen guten, makroskopischen Überblick über die anatomischen Strukturen und ästhetische Präparate zu erhalten.

### 5.1.4 Dokumentation

Das angefertigte Bildmaterial wurde stets mit der gleichen Kamera, nach Weißabgleich angefertigt, um möglichst vergleichbare Ergebnisse zu erzielen. Die spätere Bearbeitung der Bilder mit Photoshop diente lediglich der Vereinheitlichung des Hintergrundes, kleinerer Farbkorrekturen, sowie dem Entfernen einzelner auf den Präparaten verbliebener Haare. Die anatomischen Gegebenheiten wurden dadurch nicht verändert.



---

## 5.2 Funktionelle Anatomie

### 5.2.1 Atmungsmuskulatur

#### 5.2.1.1 Mm. intercostales interni

Beim Hauswiederkäuer füllen diese Muskeln alle interkostalen Räume aus (NICKEL et al., 2004; KÖNIG et al., 2007). Im Gegensatz hierzu konnten diese Muskeln bei den hier seziierten Alpakas nur in den IKR 1 bis 9 gefunden werden. In den letzten beiden IKR erschienen nur einige wenige, dünne Fasern hochdorsal. Medina Sparrow (MEDINA SPARROW, 1995) findet sie beim Alpaka in allen elf IKR. Er beschreibt auch, dass sie am kaudalen Rand und der medialen Fläche der Rippen ansetzen. Bei den hier untersuchten Tieren setzten diese Muskeln ausschließlich am kaudalen Rippenrand an. Auch Smuts und Bezuidenhout (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a) finden diese Muskeln beim Dromedar in allen IKR. Möglicherweise genügen Medina Sparrow die wenigen dorsalen Fasern, um das Vorhandensein dieser Muskeln in allen IKR anzugeben. Bezüglich des Ansatzes an der medialen Fläche der Rippen könnte die Herkunft der Tiere eine Rolle spielen. So sind die von Medina Sparrow untersuchten Tiere aus Peru, wo klimatische Bedingungen und stärkere Nutzung eine größere Belastung für die Tiere darstellen könnte. Dies könnte zu einer stärkeren Ausbildung der Atmungsmuskulatur führen, als es bei unseren Tieren aus deutscher Hobbyhaltung der Fall ist.

#### 5.2.1.2 M. transversus thoracis

Nickel (NICKEL et al., 2004) beschreibt diesen Muskel beim Rind zwischen den Rippen und Rippenknorpeln 2 bis 7. Seine beiden Teile werden in der Mitte durch das Sternum getrennt, wobei sie sich bei den kleinen Wiederkäuern berühren. Bei dem von Medina Sparrow untersuchten Alpaka erstreckt sich dieser Muskel von der ersten zur sechsten Sternebra (MEDINA SPARROW, 1995). Beim Dromedar liegt er zwischen Sternebra drei und sieben (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a). Bei den hier untersuchten Tieren befand er sich zwischen der zweiten und fünften Sternebra und dehnte sich lateral zu den Rippenknorpeln 2 – 6 aus. Die beiden Teile wurden durch das Lig. sterni getrennt.

#### 5.2.1.3 M. retractor costae

Beim Wiederkäuer zieht dieser Muskel von den ersten drei Lendenwirbeln zur letzten Rippe (NICKEL et al., 2004; KÖNIG et al., 2007). Medina Sparrow (MEDINA SPARROW, 1995) findet keinen M. retractor costae beim Alpaka. Beim Dromedar erscheint dieser Muskel als dreieckige Platte zwischen den Processus transversus der Lendenwirbel 2 bis 5 und der letzten Rippe (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a). Bei den hier untersuchten Tieren konnten an der für diesen Muskel üblichen Lokalisation zwei flache Muskelschichten unterschieden werden. Diese waren sehr dünn und entsprangen der Fascia thoracolumbalis. Es kann sehr leicht passieren, dass diese feinen Strukturen übersehen werden, was die Ursache für die unterschiedliche Beschreibung des Muskels in der vorliegenden Arbeit und bei Medina Sparrow (MEDINA SPARROW, 1995) bedingen könnte.

#### 5.2.1.4 M. serratus dorsalis

Beim Hauswiederkäuer besteht der M. serratus dorsalis aus einem kranialen und einem kaudalen Teil (NICKEL et al., 2004; KÖNIG et al., 2007). Medina Sparrow (MEDINA SPARROW, 1995) beschreibt den M. serratus dorsalis caudalis des Alpakas als vier Muskelspitzen. Dies war auch der Fall in den hier untersuchten Tieren. Lesbree (LESBREE, 1903a, 1903b) beschreibt ihn in gleicher Weise für das Trampeltier und das Lama, wobei er bemerkt, dass die erste und sogar die zweite Spitze leicht übersehen werden können, da sie sehr fein sind. Beim Dromedar finden sich nur drei flache Muskelzacken (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a).

Alle Quellen stimmen überein, dass es sowohl beim Dromedar als auch beim Lama und Alpaka keinen M. serratus dorsalis cranialis gibt (LESBREE, 1903a, 1903b; SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a; MEDINA SPARROW, 1995). Dies scheint für die Kameliden charakteristisch zu sein. Auch bei den hier untersuchten Alpakas war er nicht zu finden.

#### 5.2.1.5 Mm. intercostales externi

Bei den für diese Arbeit seziierten Alpakas war dieser Muskel in allen elf IKR zu finden, wobei Medina Sparrow (MEDINA SPARROW, 1995) ihn nur in den ersten zehn IKR findet. Beim Dromedar ist er in den ersten beiden IKR am besten entwickelt und wird

mit jedem folgenden IKR dünner. In den letzten beiden IKR findet er sich nur noch dorsal (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a). Beim Hauswiederkäuer erscheint er in allen IKR, wobei er kranial noch muskulär ausgebildet ist und in den kaudalen IKR immer stärker sehnig wird (NICKEL et al., 2004; KÖNIG et al., 2007). Bei den Mm. intercostales externi und interni unterscheiden sich die Befunde von Medina Sparrow (MEDINA SPARROW, 1995) und den hier untersuchten Alpakas geringfügig. In beiden Arbeiten wurden in erster Linie Alpakas der Rasse Huacaya untersucht. Möglicherweise unterscheidet sich jedoch die südamerikanische Zucht doch geringfügig von der europäischen.

#### 5.2.1.6 Mm. levatores costarum

Einige Fasern konnten allein aufgrund ihres Ursprunges bei den hier untersuchten Tieren von den Mm. intercostales externi unterschieden werden. Auch bei den Hauswiederkäuern ist es schwierig diese beiden Muskeln voneinander zu unterscheiden (NICKEL et al., 2004; KÖNIG et al., 2007). Beim Dromedar werden sie vom M. iliocostalis bedeckt und erstrecken sich von den Brustwirbeln 1 bis 11 zu den Rippen. Ventral sind sie teilweise mit den Mm. intercostales externi verschmolzen (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a). Medina Sparrow (MEDINA SPARROW, 1995) gibt an, keine Mm. levatores costarum bei seinem Alpaka gefunden zu haben. Durch sorgfältige Präparation konnten diese zarten Muskelbündel bei den hier untersuchten Tieren eindeutig identifiziert werden.

#### 5.2.1.7 M. rectus thoracis

Medina Sparrow (MEDINA SPARROW, 1995) schreibt, dass sich dieser Muskel beim Alpaka über die ersten drei Rippen spannt. Lesbre (LESBRE, 1903a, 1903b) hält fest, dass er beim Trampeltier an der vierten und beim Lama an der fünften Rippe ansetzt. Beim Dromedar besteht dieser Muskel aus drei separaten Bündeln, welche über die ersten drei Rippen ziehen (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a). Bei den Hauswiederkäuern ist eine Verbindung des M. rectus thoracis mit dem M. rectus abdominis beschrieben (NICKEL et al., 2004; KÖNIG et al., 2007). Bei den hier seziierten Alpakas zog die Endsehne des M. rectus thoracis zum vierten und fünften Rippenknorpel, wo sie sich stark auffächerte. Die funktionelle Verbindung zum M.

rectus abdominis wurde durch weitere Sehnenfasern sichergestellt, welche sich über die folgenden Zwischenknorpelräume spannten. Am Rippenknorpel der siebten Rippe setzen dann von kranial die verlängerten Fasern des M. rectus thoracis an, von kaudal die des M. rectus abdominis. Falls Medina Sparrow (MEDINA SPARROW, 1995) nur die muskulären Anteile des M. rectus thoracis beschrieben hat, erklärt dies seine differierende Beschreibung dieses Muskels.

#### 5.2.1.8 Diaphragma

Eine detaillierte Beschreibung des Zwerchfells des Alpakas findet sich bei Medina Sparrow (MEDINA SPARROW, 1995). Diese deckt sich weitestgehend mit den Ergebnissen dieser Arbeit. Jedoch berichtet Medina Sparrow nicht, wo genau die Sehne des Crus dextrum und sinistrum entspringt. Er beschreibt lediglich den muskulären Anteil der Pars lumbalis, welche am zweiten Lendenwirbel entspringt. Beim Dromedar entspringt die Ursprungssehne zwischen dem dritten bis fünften Lendenwirbel (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a). Beim kleinen Wiederkäuer und beim Rind ist dieser Ursprung an der Ventralfläche der drei bis vier ersten Lendenwirbelkörper beschrieben (NICKEL et al., 2004). Bei den hier untersuchten Tieren hatte die einheitliche Sehne des Crus dextrum und sinistrum ihren Ursprung an der Crista ventralis der letzten drei Lendenwirbelkörper sowie an der Extremitas cranialis des Os sacrum. Dies bedeutet, dass auf der ganzen Länge der LWS die Muskelzüge des Zwerchfells und der Psoasmuskulatur gegenläufig vorhanden sind. Dies könnte Vorteile in der Statik des Tierkörpers haben. Die LWS ist eine relativ schwache Stelle, welche die BWS mit der Hinterhand verbinden muss. Die BWS ist durch Rippen und Sternum gut abgestützt und vergleichsweise starr. Die LWS ist beim Alpaka mit sieben Lendenwirbeln wahrscheinlich mobiler, als bei den Rindern und kleinen Wiederkäuern mit je sechs, sehr selten sieben Lendenwirbeln (NICKEL et al., 2004). Außerdem scheint die Rückenpartie mit Brust- und Lendenwirbelsäule beim Alpaka sehr gerade und mit nur geringer Aufwölbung im Vergleich zum kleinen Wiederkäuer (MCCRACKEN et al., 2013). Eine sehnige Verbindung der Lendenwirbel bedeutet eine energiesparende Stabilisation der Wirbelsäule in diesem Bereich. Durch die gegenläufige Verspannung mit der Psoasmuskulatur kann möglicherweise eine zusätzliche Stabilisierung beim Anspannen dieser Muskeln erreicht werden.

---

Lesbre (LESBRE, 1903a) bemerkt die massive Entwicklung des rechten und linken Schenkels beim Trampeltier und beschreibt sie als fünf fleischige Teile, welche ihren Ursprung in einer sublumbalen Sehne haben. Smuts und Bezuidenhout (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a) erwähnen als einzige den N. phrenicus des Dromedars, welcher von den ventralen Ästen des fünften und sechsten Halsnerven kommen. Sie beschreiben auch einen Zwerchfellknochen, der grob dreieckig geformt ist, aber in Form und Größe variiert. Dieser Knochen befindet sich ventral des Hiatus oesophageus, sowie links des Foramen venae cavae. Sie vermuten, dass es die Aufgabe des Knochens ist, das Foramen während der Inspiration offen zu halten und es vor dem Druck der Vormagentätigkeit zu schützen (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987a). Lesbre (LESBRE, 1903a) vergleicht diesen Knochen des Trampeltieres mit einem Sesambein in der Mitte des Centrum tendineum. Er vermutet ebenfalls, dass er dazu dient das Foramen venae cavae offen zu halten. Ein Zwerchfellknochen beim Kamel wird auch von Leuckardt (LEUCKARDT, 1833), Kölliker (KÖLLIKER, 1896) und Maskar (MASKAR, 1957) beschrieben. Azzopardi (AZZOPARDI, 2012) konnte diesen Knochen beim Alpaka nicht finden und auch Medina Sparrow (MEDINA SPARROW, 1995) erwähnt ihn bei seinen Beschreibungen des Alpakas nicht. Vermutlich ist er bei jüngeren Tieren nur knorpelig entwickelt und noch nicht verknöchert. Lesbre (LESBRE, 1903b) findet ihn jedoch auch im Lama und im Vicugna. Brandt (VON BRANDT, 1841) und Kölliker (KÖLLIKER, 1896) beschreiben ihn ebenfalls für das Lama. Ein Zwerchfellknochen konnte auch bei allen hier untersuchten Alpakas gefunden werden. Seine Ausbildung unterschied sich in Form und Größe. Stets war er von stark sehnigem Gewebe umgeben, was zu der Vermutung führt, dass er den Sehnenfasern als Ansatz dient. Aufgrund seiner Lage ist es vorstellbar, dass er das Foramen venae cavae stützt. Um die genauen Vorgänge am Foramen zu untersuchen, wäre es interessant den Blutfluss der Vena cava caudalis am lebenden Tier mittels Doppler-Ultraschall in In- und Expiration zu beobachten.

## 5.2.2 Topographie der Organe des Brustkorbes des Alpakas

### 5.2.2.1 Herz

Es gibt keine offensichtlichen Unterschiede zwischen dem Herz des Dromedars und dem anderer Säugetiere (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b). Fowler (FOWLER, 2010c) erwähnt, dass das Herz des Lamas dem des Dromedars wie von Smuts und Bezuidenhout beschrieben gleicht. Auch Lesbrequet (LESBRE, 1903a) schildert, dass sich die Herzen von Lama und Trampeltier nicht von denen anderer Säugetiere unterscheiden. Allerdings bemerkt er, dass die Fläche, die nicht von Lunge bedeckt ist, beim Trampeltier größer ist als bei anderen Vierbeinern. Folglich ist der Bereich an dem der Herzbeutel die Rippenwand berührt vergrößert, vor allem auf der linken Seite (LESBRE, 1903a). Pérez (PÉREZ et al., 2018) beschreibt dies auch für das Alpaka. Dies konnte auch bei den hier untersuchten Alpakas vermutet werden, war doch der kraniale Lobus der linken Lunge wesentlich kleiner als der der rechten. Der Herzbeutel hatte wahrscheinlich direkten Kontakt mit Rippen und Zwischenrippenmuskeln. Diese Kontaktfläche konnte jedoch nicht genau bestimmt werden, da sich die Lungen der untersuchten, nur leicht fixierten Tiere sehr stark kontrahierten. Bei Tieren, die sofort nach Eintritt des Todes mit Formalin fixiert werden, dürfte dies jedoch kein Problem darstellen. Die Bestimmung der genauen Position und Ausdehnung dieses Bereiches wird die Aufgabe weiterer Untersuchungen sein. Diese vergrößerte Auflagefläche erleichtert die Auskultation des Herzes, aber vor allem das Auffinden der optimalen Position für den Herzultraschall.

Die Lage des Herzes zwischen der dritten und sechsten Rippe war bei Pérez (PÉREZ et al., 2018) und den hier untersuchten Alpakas gleich. Singh (SINGH, 2018) findet das das Herz bei Lama und Alpaka zwischen drittem und fünften IKR, was sich dann in Bezug auf die Rippen mit der Lage bei Pérez und den hier untersuchten Tieren decken dürfte.

Pérez (PÉREZ et al., 2018) beschreibt kein Ligamentum sternopericardiacum, wie es bei den hier untersuchten Alpakas zu finden war. Möglicherweise war Pérez die Ausbildung dieses Bandes nicht deutlich genug.

Äußerlich beschreibt keiner der Autoren große Unterschiede bezüglich des Aufbaus des Kamelidenherzens zu anderen Säugetieren (LESBRE, 1903a; HEATH et al., 1974; SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b; BOON et al., 1994; MARGIOCCO et al., 2009; FOWLER, 2010c; TIMM et al., 2011; PÉREZ et al., 2018).

Innerlich gleicht der Aufbau des Herzes mit seinen Kammern, Klappen, Chordae tendinae, Mm. papillares sowie Trabeculae septomarginalis des Dromedars (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b; GHONIMI, 2014b, 2014a) dem des Alpakas, wie es Pérez (PÉREZ et al., 2018) beschreibt und wie es auch in dieser Arbeit beschrieben wird.

Einen Cartilago cordis wie für das Dromedar beschrieben (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b) wurde bei den untersuchten Alpakas nicht gefunden und auch Pérez (PÉREZ et al., 2018) gibt an, keine knorpeligen oder knöchernen Strukturen gefunden zu haben.

Dies ist wahrscheinlich die erste Arbeit in der die besondere Anatomie der Taschen der Aorten- sowie der Pulmonalklappe beschrieben werden. Selbst Pérez (PÉREZ et al., 2018), der sich eingehend mit dem Aufbau des Herzes des Alpakas befasst hat, beschreibt diese nicht. Sie konnten hier jedoch bei allen seziierten Alpakas nachgewiesen werden. Eventuell haften diese feinen Fäden jedoch im feuchten Zustand am Rand der Klappen, weshalb sie bisher nicht beschrieben wurden. Die feinen Filamente, die an der Valva aortae und der Valva trunci pulmonalis festgestellt wurden, sahen wie eine Verstärkung des freien Randes der Taschenklappen aus, damit diese nicht in den Ventrikel klappen. Allerdings zeigten frühere Ultraschallstudien (DANZL, 2001), dass bei gesunden Alpakas eine geringfügige Regurgitation an der Valva aortae sowie der Valva trunci pulmonalis alltäglich ist. Dieses konnte an der Valva trunci pulmonalis in 17 von 18 Fällen festgestellt werden und trat häufig an mehr als einer Klappe auf (DANZL, 2001). Somit könnte es sich auch um eine anatomische Schwachstelle des Alpakas handeln. Jedoch ist anzumerken, dass das Alpaka sehr gut in den Höhenlagen der Anden zurechtkommt, weshalb es diesen Umstand wohl gut zu kompensieren scheint. Eventuell ließe sich mit einem hochauflösenden (Doppler-)Ultraschall am lebenden Tier feststellen, ob diese strukturelle Veränderung überhaupt ursächlich für die Regurgitation der Klappen ist.

Die arterielle Blutversorgung der untersuchten Alpakaherzen wurde durch beide Koronararterien sichergestellt, wie es auch bei Schwein und Pferd beobachtet werden kann. Lopez Jimenez beschreibt dies ebenfalls für das Alpaka (LOPEZ JIMENEZ, 1971) und auch für das Kamel ist es so veröffentlicht (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b). Auch Pérez (PÉREZ et al., 2018) beschreibt dies für das Alpaka, bezeichnet es jedoch als rechtsseitigen Typ. Bei den Hauswiederkäuern wird dies hauptsächlich von der linken Koronararterie bewerkstelligt (NICKEL et al., 2004). Besonders ist, dass Lopez Jimenez (LOPEZ JIMENEZ, 1971) beim Alpaka eine Verbindung zwischen A. coronaria sinistra und dextra im Sulcus coronarius beschreibt. Eine solche Anastomose wird von Pérez (PÉREZ et al., 2018) nicht beschrieben und auch bei den hier untersuchten Tieren fiel eine solche nicht ins Auge.

#### 5.2.2.2 Aorta und Arterien

Die Aorta von fünf untersuchten Tieren gab den Truncus brachiocephalicus und eine separate A. subclavia sinistra ab. Dies ist auch beim Schwein, beim Fleischfresser (NICKEL et al., 2004; KÖNIG et al., 2007) und beim Dromedar (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b) der Fall. In einem der hier untersuchten sechs Fälle waren die Ursprünge dieser beiden Gefäße miteinander verschmolzen. Lesbrequé (LESBRE, 1903a) beschreibt ebenfalls, dass zwei der drei untersuchten Trampeltiere eine "aorte antérieure" besitzen. Nach Lopez Jimenez (LOPEZ JIMENEZ, 1971) kommen ebenfalls beide Fälle bei den von ihm untersuchten Alpakas vor. Seine Ergebnisse über die Aa. intercostales dorsales des Alpakas decken sich mit denen dieser Arbeit. Smuts und Bezuidenhout (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b) beschreiben, dass der Truncus costocervicalis der Dromedare einen R. cervicalis profundus abgibt, was Lesbrequé (LESBRE, 1903a) auch für das Trampeltier beschreibt. Dieser zieht als A. intercostalis suprema weiter, welche die ersten zwei oder drei Aa. intercostales dorsales abgibt (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b). Dies war auch bei den hier untersuchten Alpakas der Fall. Die A. vertebralis des Kamels entspringt unabhängig oder mit dem Truncus costocervicalis (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b). Bei den Alpakas gab der Truncus costocervicalis die A. vertebralis ab. Bei Dromedar und Trampeltier verläuft die A. thoracica interna kaudalwärts im Thorax und entlässt Rr. mediastinales, Rr. perforantes und Rr. intercostales ventrales. Auf Höhe des sechsten IKR teilt sie sich in eine A. epigastrica cranialis und eine A. musculophrenica (LESBRE,



1903a; SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b). Die A. thoracica interna der Alpakas dieser Untersuchung gab Aa. intercostales ventrales für die IKR 2 bis 4 ab und teilte sich auf Höhe der fünften Rippe in eine A. musculophrenica, welche eine A. epigastrica cranialis abgab.

#### 5.2.2.3 Venen

Smuts und Bezuidenhout (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b) gehen als einzige Autoren der verfügbaren Literatur bezüglich der Venen des Dromedars etwas mehr ins Detail. Die V. cervicalis superficialis drainiert in die V. jugularis externa oder die V. subclavia. Die rechte und linke V. jugularis vereinigen sich zur V. cava cranialis auf Höhe der ersten Rippe. Die V. thoracica interna entsteht durch den Zusammenschluss der V. epigastrica cranialis und der V. musculophrenica, um dann in die V. subclavia zu drainieren. Die V. costocervicalis empfängt Blut aus der V. vertebralis sowie der V. intercostalis suprema. Die V. azygos dextra sammelt das Blut aus der Thoraxwand und fließt in die V. cava cranialis (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b). Dies war auch bei den hier untersuchten Alpakas der Fall. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass keine offensichtlichen Unterschiede im arteriellen und venösen Blutsystem von Kamel und Alpaka vorliegen. Besonders war beim Alpaka wie auch beim Kamel (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987b), dass nur die V. azygos dextra ausgebildet war, welche kranial um den Bronchus trachealis zog. Auch Schwein und Rind haben, wie die Kameliden, einen Bronchus trachealis. Beim Schwein gibt es jedoch nur die V. azygos sinistra, das Rind besitzt nur die linke oder aber beide Venen. Die rechte V. azygos des Rindes zieht ebenfalls kranial des Bronchus trachealis (KÖNIG et al., 2007).

#### 5.2.2.4 Trachea und Lunge

Smuts und Bezuidenhout (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987c) fanden die Trachea des Dromedars im Mediastinum ventral des Ösophagus. Bei den hier untersuchten Alpakas zog der Ösophagus links der Trachea durch die Apertura thoracis cranialis. Möglicherweise ist das nicht die physiologische Lage im lebenden Alpaka. Bei den toten Alpakas viel eine massive Hyperflexion des Halses auf, welche durch das außerordentlich starke Lig. nuchae verursacht wurde. Folglich wird die Ventralseite

---

des Halses eingeengt und die stabile Trachea verdrängt den weichen Ösophagus von seiner ursprünglichen Position. Die Trachea der Trampeltiere hat einen Bronchus trachealis kranial der Bifurkation, welcher den kranialen Lobus der rechten Lunge belüftet (LESBRE, 1903a; SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987c). Beim Trampeltier hat die Lungenoberfläche keine äußerlichen Fissuren (LESBRE, 1903a; SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987c; TIMM et al., 2011). Beim Kamel teilt ein einziger, tiefer, vom Herz verursachter Einschnitt den kranialen vom kaudalen Lungenlappen. Die rechte Lunge besitzt einen Lobus accessorius, welcher die V. cava caudalis umgibt. Jeder Hauptbronchus teilt sich in je einen Bronchus Richtung Lungenspitze, Herz und Zwerchfell (FOWLER, 2010d; MIESNER, 2013). Cooley (COOLEY et al., 2013) und Viera Raborg (VIERA RABORG, 1968) beschreiben, dass beim Alpaka keine augenscheinlichen Einschnitte der Lunge erkennbar sind, außer dem Lobus accessorius zwischen Herz, Ösophagus und V. cava caudalis. Sie bemerken auch, dass beim Alpaka ein trachealer Bronchus, sowie Bronchien Richtung Herz, Basis und Lungenspitze vorkommen. Bei den hier untersuchten Tieren war die glatte, ungegliederte Oberfläche der Lungen ebenfalls auffällig. Es gab einen kranialen und kaudalen Lappen auf jeder Seite. Die rechte Lunge hatte einen Lobus medius, sowie einen Lobus accessorius und ihr Lobus cranialis wurde durch einen Bronchus trachealis ventiliert. Auffällig war, dass der tracheale Bronchus nur 1 bis 1,5 cm kranial der Bifurkation abging. Dieser Abstand ist kürzer als beim Schwein oder beim Rind. Leider konnte keine Information über diesen Abstand beim Kamel gefunden werden. Außerdem war auffällig, dass die Lunge von Kamelen und Alpakas weniger partitioniert war als bei Wiederkäuern, Fleischfressern und Schweinen. Sie ähnelte eher der Lunge des Pferdes. Vielleicht ist eine deutliche Trennung beim Alpaka nicht nötig. Wie auch das Pferd, haben Kamele und Alpakas einen sehr langen Hals. Der Großteil eingeatmeter Fremdkörper und Keime kann bereits in der Trachea durch ziliaren Abtransport aus den Atemwegen eliminiert werden. Folglich gelangen weniger Pathogene in die Lunge. Eine Lunge, die nicht so exponiert ist, braucht vielleicht keine stark abgeteilten Zonen, um der Ausbreitung von Pathogenen vorzubeugen. Außerdem hat das Alpaka als Pflanzenfresser eine qualitative hochwertigere Futterquelle mit geringerer pathogener Keimbelastung als beispielsweise Fleischfresser und insbesondere Aasfresser. Somit sinkt die Keimbelastung des Atmungsapparates weiter. Des Weiteren kann diskutiert werden, ob die Beweglichkeit

des Thorax mit der Segmentation der Lunge korreliert. Hierfür würde es weiterer Untersuchungen bezüglich der Beweglichkeit der Rippen und des Sternums bei den Kameliden im Vergleich zu anderen Säugetieren, z. B. den Fleischfressern, bedürfen.

#### 5.2.2.5 Nerven

Demmel (DEMMELE, 1980) liefert eine Beschreibung des N. vagus beim Alpaka. Der Ramus descendens läuft demnach zwischen Ösophagus und Trachea und innerviert beide Strukturen. Auf Höhe des sechsten Halswirbels trennt sich der N. vagus vom Truncus sympathicus. Der linke N. vagus zieht ventral und passiert den Arcus aortae wie auch den Hilus der Lunge und folgt dann dem Ösophagus. Er gibt Äste an Herz und Lunge ab. Einige Ästchen ziehen kaudal um die Aorta und verbinden sich mit Ramus descendens n. vagi. Der N. vagus dexter liegt zwischen Ösophagus und Trachea und empfängt einige dünne Äste vom Hauptstamm des N. vagus. Er endet indem er Trachea und Ösophagus innerviert. Ein Nerv, welcher vergleichbar mit dem N. laryngeus recurrens anderer Haussäugetiere wäre, fehlt dem Alpaka (DEMMELE, 1980). Da sich der Focus dieser Arbeit auf den Thorax richtet, wäre es sinnvoll weitere Untersuchungen bezüglich des Ursprunges sowie des Verlaufes des N. vagus im Halsbereich anzustellen. Der Verlauf des N. vagus im Thorax der Alpakas ist vergleichbar mit den von Demmel beschriebenen Gegebenheiten, wobei keine Äste gefunden wurden, die um die Aorta ziehen.

In der Literatur gab es keine Beschreibung der topographischen Anatomie des Truncus sympathicus beziehungsweise des N. phrenicus beim Alpaka sowie beim Kamel. Diese Arbeit gibt nur einen Überblick über die Topographie der Nerven im Thorax. Genauere, zukünftige Untersuchungen werden Demmels Ergebnisse bestätigen und vertiefen müssen.

#### 5.2.2.6 Lymphatische Strukturen

Für Lage und Vorkommen der Lymphknoten beim Alpaka liegt keine Literatur vor. Smuts und Bezuidenhout (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987e) ist die einzige Quelle, in welcher Lymphknoten des Dromedars genauer beschrieben werden. Das Lc. thoracicum dorsale des Kamels besteht aus den Lnn. thoracici aortici, zwischen Aorta und Truncus sympathicus, sowie den Lnn. intercostales, dorsal des Truncus im vierten

---

bis sechsten IKR. Letztere können fehlen. Das Lc. thoracicum ventrale des Dromedars umfasst drei Gruppen von Lymphknoten. Die Lnn. sternales craniales können nahe des M. thoracicus transversus und kranial des Herzes gefunden werden. Lnn. sternales caudales liegen nahe dem Sternum zwischen Herz und Zwerchfell. Die Lnn. phrenici befinden sich ventral des Ösophagus zwischen Herz und Zwerchfell. Das Lc. mediastinale des Dromedars besteht aus den Lnn. mediastinales craniales, medii und caudales. Diese befinden sich kranial, dorsal und kaudal des Herzes sowie zwischen Speiseröhre und Aorta. Die Knoten des Lc. bronchale des Dromedars liegen in der Bifurkation der Trachea. Der Ln. tracheobronchalis sinister befindet sich zwischen dem linken Bronchus und dem Arcus aortae. Der Ln. tracheobronchalis medius liegt dorsal der Bifurkation. Der rechte fehlt für gewöhnlich (SMUTS & BEZUIDENHOUT, 1987e). Auch bei den hier untersuchten Alpakas konnte kein Ln. tracheobronchalis dexter, wie auch kein Ln. tracheobronchalis cranialis, zugeordnet werden. Lnn. tracheobronchalis sinister lagen wahrscheinlich Ventral der Aorta zwischen Bifurkation, Perikard und Lobus cranialis pulmonis sinistri. Ein Ln. tracheobronchalis medius konnte ebenfalls nicht zugeordnet werden. Lymphknoten im Bereich des mittleren Mediastinums wurden den Lnn. mediastinales medii zugeordnet. Die genaue Zuordnung der tributären Gebiete der Lymphknoten müsste mit Tuscheinjektionen in weiteren Untersuchungen festgestellt werden. Die spärliche Ausprägung der tracheobronchialen Lymphknoten der untersuchten Alpakas ist ungewöhnlich. Es gibt einige Quellen (JOHNSON; SÜß-DOMBROWSKI, 2012), welche die Vermutung bestätigen, dass Pneumonien beim Alpaka nur äußerst selten vorkommen. Normalerweise werden Alpakas in Außengehegen gehalten, was respiratorischen Stress senkt. Allerdings besteht auch die Möglichkeit, dass diese Tiere einfach nicht zu Pneumonien neigen, was auf ihre anatomischen Gegebenheiten zurückzuführen sein könnte. Höchst wahrscheinlich übernehmen die mediastinalen Lymphknoten die Aufgaben der fehlenden Knoten beim Alpaka. Dies muss jedoch in weiteren Untersuchungen bestätigt werden.



## 6 Zusammenfassung

Zielsetzung dieser Arbeit war die anatomische sowie topographische Untersuchung der Atmungsmuskulatur sowie des Brustkorbes des Alpakas. Besonders die Topographie der Organe im Thorax soll als Grundlage für Tierärzte, Wissenschaftler und Tierhalter dienen, um die Diagnostik und Behandlung des Alpakas zu verbessern. Des Weiteren wird ein umfangreicher Überblick der Literatur zu diesem Thema gegeben, auch im Vergleich zu den weiteren Kameliden, wie Dromedar und Lama.

Hierfür wurden sechs aus medizinischen Gründen euthanasierte Alpakas aus Bayern unterschiedlichen Geschlechts und Alters fixiert und präpariert. Die Tiere hatten keine pathologischen Veränderungen im Bereich des Thorax.

Es wurden einige anatomische Unterschiede gefunden, die das Alpaka von anderen Haussäugetieren unterscheidet. So wurden die Klappensegel der Aorten- und der Pulmonalklappe an ihrem freien Rand von dünnen Fäden gehalten, welche von der Mitte des Segels zur Gefäßwand zogen. Des Weiteren war bemerkenswert, dass die Blutversorgung des Herzes vom beidseitigen Typ war. Außerdem gab es lediglich eine V. azygos dexter.

An der Lunge war auffällig, dass sie nur sehr schwach untergliedert war. Lediglich ein Lobus accessorius pulmonis dexter und ein kleiner Lobus medius pulmonis dexter konnten abgegrenzt werden, der rechte kraniale Lobus wurde von einem Bronchus trachealis ventiliert. Ein Lc. bronchale konnte nicht zweifelsfrei zugeordnet werden. Da es Quellen gibt, welche Pneumonien beim Alpaka als äußerst selten beschreiben (JOHNSON; SÜß-DOMBROWSKI, 2012), wird hier diskutiert, ob Habitus sowie Habitat des Alpakas in Kombination mit der Anatomie der Luftleitenden Wege eine geringe Exposition der Lunge mit Pathogenen zur Folge hat, was wiederum die gering ausgebildeten Schutzmaßnahmen der Lunge zur Folge hat.

Der N. vagus wies keinen Ast auf, der als N. laryngeus recurrens hätte angesprochen werden können. Eine Ansa subclavia konnte nicht nachgewiesen werden.

Insgesamt fiel die geringe Anzahl an Lymphgewebe im Thorax auf, kraniale, mediale und rechte tracheobronchale sowie kaudale sternale Lymphknoten fehlten.

Bei der Atmungsmuskulatur ist vor allem das Fehlen der kranialen Anteile des M. serratus dorsalis als Besonderheit zu nennen, die wohl allen Kameliden gemein ist. Die restlichen Atmungsmuskeln unterschieden sich lediglich in Kleinigkeiten von

---

denen anderer Haussäugetiere, wobei sie insgesamt eher schwach ausgebildet waren. Am Zwerchfell des Alpakas war der weit kaudal liegende Ansatz der Zwerchfellpfeiler auffällig. Sie reichten bis an das Os sacrum heran. Außerdem konnte bei allen untersuchten Tieren ein Zwerchfellknochen im Centrum tendineum gefunden werden. Dies scheint eine weitere Gemeinsamkeit der Kameliden zu sein. Wahrscheinlich dient dieser kleine Knochen, der in Form und Größe variabel ist, der Stabilisation des Foramen venae cavae.

Obwohl einige Thesen dieser Arbeit am lebenden Tier bestätigt werden sollten und tiefergehende anatomische, funktionelle und mikroskopische Untersuchungen spezieller Strukturen hilfreich wären, bietet diese Arbeit eine gute Basis, um die Anatomie und Topographie der Atmungsmuskulatur sowie der Organe des Brustkorbes des Alpakas zu verstehen.



---

## 7 Summary

### **Title: An investigation of the systematic and topographic anatomy of the breathing musculature and the organs of the thorax of the alpaca (*Vicugna pacos*)**

It was the aim of this study to get more detailed information of the systematic as well as the topographic anatomy of the breathing musculature and the organs of the thorax of the alpaca. Especially the topography of the organs in the thorax should act as a basis for veterinarians, scientists and breeders to improve diagnostics and treatment in alpacas. Furthermore an extensive overview of the literature concerning this topic is given in this work. A comparison between alpacas, other camelids like the dromedary or the lama and domesticated ruminants is drawn here.

In this study six alpacas with different ages and sexes were dissected. These animals were bred in Bavaria (Germany) and euthanized because of medical reasons neither related to organs of the thorax nor influencing the structure and topography of this region.

Some remarkable differences to other mammals were described: The semilunar cusps of the aortic valve and the pulmonary valve consisted of a thin endothelial duplicature with fine string-like filaments at its free margin. Furthermore the arterial blood supply of the heart was provided by both of the coronary arteries. Also there was only a right azygos vein notable. It seems that this is a common situation in all camelids. The lungs had no obvious fissures, except for the middle lobe and the accessory lobe. The cranial lobe of the right lung was ventilated by a tracheal bronchus. It was remarkable that there were no lymph nodes which could faultlessly be assigned to the trachea or the lungs building a Lc. bronchale. There are some references (JOHNSON; SÜß-DOBROWSKI, 2012) which lead to the assumption that pneumonia in alpacas is a rare disease. Thus it is discussed here that habitus and habitat of the alpaca in combination with the anatomy of the air-ducting structures leads to a less exposed lung concerning pathogens. Therefore extensive safety precautions are not necessary.

There were no recurrent parts of the vagus nerve found. Also an ansa subclavia was missing. Overall the poorly evolved lymphatic structures in the thorax were conspicuous. Caudal sternal lymph nodes were missing as well as tracheobronchial right, medial und cranial nodes.

---

Concerning the breathing musculature, the missing of the cranial parts of the M. serratus dorsalis is a characteristic all camelids have in common. The other breathing musculatures differ only slightly from the ones in other mammals. Altogether they are only poorly developed in the alpaca. It was remarkable that the caudal insertion of the tendon of the diaphragm reached till the Os sacrum. Furthermore a little bone in the center of the diaphragm was found in all examined animals. This seems to be a further characteristic all camelids have in common. Probably this bone, which differs in size and shape, stabilizes the Foramen venae cavae.

Some thesis proposed in this study should be confirmed in living animals and deeper anatomic, functional and microscopic examinations of single structures would be helpful. Nevertheless this study gives a scientifically sound overview of the macroscopic anatomy as well as the topographic anatomy of the breathing musculature and the organs of the thorax of the alpaca.

## 8 Abbildungsverzeichnis

<a href="#"><u>Abb. 1: Thoraxskelett des Alpakas (laterale Ansicht) nach Azzopardi (AZZOPARDI, 2012) ..</u></a>	5
<a href="#"><u>Abb. 2: Der Brustkorb des Dromedars nach Smuts und Bezuidenhout (SMUTS &amp; BEZUIDENHOUT, 1987a).....</u></a>	9
<a href="#"><u>Abb. 3: Zwerchfell des Dromedars (Ansicht von kaudal) nach Smuts und Bezuidenhout (SMUTS &amp; BEZUIDENHOUT, 1987a) .....</u></a>	15
<a href="#"><u>Abb. 4: Gefäße und Nerven des Thorax des Dromedars (seitliche Ansicht von links) nach Smuts und Bezuidenhout (SMUTS &amp; BEZUIDENHOUT, 1987f) .....</u></a>	16
<a href="#"><u>Abb. 5: Herz des Trampeltieres, Ansicht von links (LESBRE, 1903a).....</u></a>	18
<a href="#"><u>Abb. 6: Arterien und Venen des Thorax des Dromedars (SMUTS &amp; BEZUIDENHOUT, 1987b) .....</u></a>	21
<a href="#"><u>Abb. 7: Arterien des Brustkorbes des Alpakas nach Lopez Jimenez (LOPEZ JIMENEZ, 1971) .....</u></a>	23
<a href="#"><u>Abb. 8: Arterien des Brustkorbes des Alpakas nach Lopez Jimenez (Schemazeichnung) (LOPEZ JIMENEZ, 1971).....</u></a>	24
<a href="#"><u>Abb. 9: Rekonstruierte 3-D Ansichten der Alpakalunge nach Cooley (COOLEY et al., 2013) .....</u></a>	32
<a href="#"><u>Abb. 10: Bronchialbaum der rechten Lunge des Alpakas nach Viera Raborg (Schema, Ansicht von medial) (VIERA RABORG, 1968).....</u></a>	33
<a href="#"><u>Abb. 11: Bronchialbaum der linken Lunge des Alpakas nach Viera Raborg (Schema, Ansicht von medial) (VIERA RABORG, 1968).....</u></a>	33
<a href="#"><u>Abb. 12: Der N. vagus des Alpakas nach Demmel (DEMMELE, 1980).....</u></a>	35
<a href="#"><u>Abb. 13: Aufbau für die schwimmende Darstellung des Bronchialbaums .....</u></a>	40
<a href="#"><u>Abb. 14: Schematische Darstellung des Skeletts des Alpakas (Ansicht von rechts).....</u></a>	43
<a href="#"><u>Abb. 15: Sternum des Alpakas .....</u></a>	44
<a href="#"><u>Abb. 16: Variable Form der Zwerchfellknochen des Alpakas .....</u></a>	45
<a href="#"><u>Abb. 17: Schematische Darstellung der Lage des Zwerchfellknochens des Alpakas (Ansicht von kaudal).....</u></a>	45
<a href="#"><u>Abb. 18: Muskulatur seitlich am Brustkorb des Alpakas (Ansicht von rechts) .....</u></a>	47

---

<a href="#"><u>Abb. 19: Linke Brustwand des Alpakas (Innenansicht)</u></a> .....	48
<a href="#"><u>Abb. 20: M. retractor costae des Alpakas</u></a> .....	49
<a href="#"><u>Abb. 21: Nahaufnahme der Mm. levatores costarum (Ansicht von rechts)</u></a> .....	50
<a href="#"><u>Abb. 22: M. rectus thoracis des Alpakas (Ansicht von links)</u></a> .....	51
<a href="#"><u>Abb. 23: Das Zwerchfell des Alpakas (Ansicht von kranial)</u></a> .....	52
<a href="#"><u>Abb. 24: Schematische Darstellung des Zwerchfells des Alpakas (Ansicht von kaudal)</u></a> .....	52
<a href="#"><u>Abb. 25: Ursprung der Zwerchfellpfeiler des Alpakas (Ansicht von ventral)</u></a> .....	54
<a href="#"><u>Abb. 26: Topographie der Brusthöhlenorgane des Alpakas (Ansicht von links)</u></a> .....	55
<a href="#"><u>Abb. 27: Topographie der Brusthöhlenorgane des Alpakas (Ansicht von rechts)</u></a> .....	56
<a href="#"><u>Abb. 28: Recessus mediastini des Alpakas</u></a> .....	57
<a href="#"><u>Abb. 29: Das Herz des Alpakas, Facies auricularis (links) Facies atrialis (rechts)</u></a> .....	58
<a href="#"><u>Abb. 30: Längsschnitt durch das Herz des Alpakas, Blick in den Ventriculus cordis sinister</u></a> .....	59
<a href="#"><u>Abb. 31: Längsschnitt durch das Herz des Alpakas, Blick in den Ventriculus cordis dexter</u></a> .....	60
<a href="#"><u>Abb. 32: Längsschnitt durch das Herz des Alpakas</u></a> .....	61
<a href="#"><u>Abb. 33: Blick in die eröffnete Ausstrombahn der Aorta mit Valva aortae eines 6,5 Monate alten Alpakacrias</u></a> .....	63
<a href="#"><u>Abb. 34: Nahaufnahme der Valva aortae eines 6,5 Monate alten Alpakacrias</u></a> .....	64
<a href="#"><u>Abb. 35: Längsschnitt durch das Herz des Alpakas, Blick in den eröffneten und aufgeklappten Truncus pulmonalis</u></a> .....	65
<a href="#"><u>Abb. 36: Nahaufnahme der Valva trunci pulmonalis (weiß hinterlegt)</u></a> .....	65
<a href="#"><u>Abb. 37: Herz des Alpakas, Facies auricularis, Latexausguss</u></a> .....	66
<a href="#"><u>Abb. 38: Herz des Alpakas, Facies atrialis, Latexausguss</u></a> .....	67
<a href="#"><u>Abb. 39: Schematische Darstellung der Arterien im Brustkorb des Alpakas (Ansicht von links)</u></a> .....	69
<a href="#"><u>Abb. 40: Arterien und Venen im kranialen Thorax des Alpakas</u></a> .....	71
<a href="#"><u>Abb. 41: Schematische Darstellung der Venen im Brustkorb des Alpakas (Ansicht von rechts)</u></a> .....	72
<a href="#"><u>Abb. 42: Schematische Darstellung des Bronchialbaumes und der Lobi pulmones des Alpakas</u></a> .....	74

---

<a href="#"><u>Abb. 43: Bronchialbaum des Alpakas, Ansicht von dorsal (links) und ventral (rechts)</u></a> .....	75
<a href="#"><u>Abb. 44: Lunge des Alpakas (Dorsalansicht)</u></a> .....	76
<a href="#"><u>Abb. 45: Lage der Lunge im eröffneten Thorax, Ansicht von rechts (Lunge stark retrahiert)</u></a>	77
<a href="#"><u>Abb. 46: Lage der Lunge im eröffneten Thorax, Ansicht von links (Lunge stark retrahiert)</u></a> ...	78
<a href="#"><u>Abb. 47: Nahaufnahme des Truncus sympathicus und der Aa. und Vv. intercostales dorsales des Alpakas (Ansicht von links)</u></a> .....	79
<a href="#"><u>Abb. 48: Verlauf des N. phrenicus des Alpakas kranial der ersten Rippe</u></a> .....	81
<a href="#"><u>Abb. 49: Lnn. tracheobronchales sinistri des Alpakas (Blick in den eröffneten Thorax von links)</u></a> .....	82



---

## 9 Tabellenverzeichnis

<a href="#">Tabelle 1: Legende zu Abb. 5</a> .....	19
<a href="#">Tabelle 2: Alpakas die für die Präparation verwendet wurden (n=6)</a> .....	37



---

---

## 10 Literaturverzeichnis

- Azzopardi M (2012) Contribution à l'ostéologie et à l'imagerie médicale de l'alpaga "Vicugna pacos". In: Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. Université Paul-Sabatier de Toulouse, Toulouse. 268
- Boon JA, Knight AP, Moore DH. Llama cardiology. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 1994; 10: 353-70.
- Cooley SD, Schlipf JW, Stieger-Vanegas SM. Computed tomographic characterization of the pulmonary system in clinically normal alpacas. *Am J Vet Res* 2013; 74: 572-8.
- Danzl C (2001) Echokardiographie beim Alpaka. In: Chair of Anatomy, Histology and Embryology, Department of Veterinary Sciences. LMU, München
- Demmel U. Branches of the vagus nerves in the neck of alpaca, *Lama guanicoe pacos*. *Acta Zoologica* 1980; 61: 141 - 6.
- Fowler ME. General Biology and Evolution. In: *Medicine and surgery of South American camelids*. Fowler ME, ed. Ames: Blackwell Publishing 2010a: S, : 1-11.
- Fowler ME, Bravo PW. Feeding and Nutrition. In: *Medicine and Surgery of Camelids*. Fowler ME, ed. Ames: John Wiley & Sons 2010: S, : 17-58.
- Fowler ME. Musculoskeletal System. In: *Medicine and surgery of South American camelids*. Fowler ME, ed. Ames: Blackwell Publishing 2010b: S, : 311-38.
- Fowler ME. Cardiovascular System. In: *Medicine and surgery of South American camelids*. Fowler ME, ed. Ames: Blackwell Publishing 2010c: S, : 423-8.
- Fowler ME. Respiratory System. In: *Medicine and surgery of South American camelids*. Fowler ME, ed. Ames: Blackwell Publishing 2010d: S, : 339-50.
- Galotta JM. Osteologia. In: *Excerta anatomica camelidae*. Galotta JM, Márquez SG, eds.: Fundación Camélidos Sudamericanos 1994: S, : 10-20.
- Ghonimi W, Abuel-Atta, A. A., Bareedy, M. H., & Balah, A. Papillary muscles in the heart ventricles of the mature dromedary camel (*Camelus dromedarius*) with special references to the Chordae Tendineae: Gross and microanatomy. *Journal of Cytology & Histology* 2014a; 5: 244.
- Ghonimi W, Abuel-Atta, A. A., Bareedy, M. H., & Balah, A. Gross and microanatomical studies on the moderator bands (septomarginal trabecula) in the heart of mature Dromedary camel (*Camelus dromedarius*). *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research* 2014b; 1: 24-31.
- Heath D, Smith P, Williams D, Harris P, Arias-Stella J, Kruger H. The heart and pulmonary vasculature of the llama (*Lama glama*). *Thorax* 1974; 29: 463-71.
- Johnson LRW. Diseases of Llamas and Alpacas. <http://www.merckvetmanual.com/exotic-and-laboratory-animals/llamas-and-alpacas/diseases-of-llamas-and-alpacas>.
- Kölliker A. Handbuch der Gewebelehre des Menschen. *Journal of Anatomy and Physiology* 1896; 31
- König HE, Liebich HG, Bragulla H (2007) *Veterinary Anatomy of Domestic Mammals: Textbook and Colour Atlas*. Wiley
- Lesbre FX. Chameau a deux bosses. In: *Recherches anatomiques sur les camélidés*[Lyon]: [H. Georg] 1903a:
- Lesbre FX. Différences entre les chameaux et les lamas. In: *Recherches anatomiques sur les camélidés*[Lyon]: [H. Georg] 1903b:

- Leuckardt FS. Ueber einen neuen, eigenthümlichen Knochen des Meerschweinchens, nebst Bemerkungen über den Zwerchfellknochen des Igels und des Dromedars. *Zeitschrift für Physiologie* 1833: S. 167-74.
- Li G, Wang N, She Q, Zhang J. Research on distribution, living environment and protection of wild Bactrian Camel (*Camelus bactrianus ferus*). *J Camel Pract Res* 2008; 15: 211-7.
- Lopez Jimenez EA (1971) Arteria aorta (ascendente, arco aortico y toracica) y sus colaterales de la alpaca (*Lama pacos*). In: Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Lima, Lima
- Margiocco ML, Scansen BA, Bonagura JD. Camelid cardiology. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 2009; 25: 423-54.
- Maskar Ü. ÜBER DEN ZWERCHFELLKNOCHEN DES KAMELS. *Cells Tissues Organs* 1957; 30: 461-71.
- McCracken TO, Kainer RA, Spurgeon TL. The Llama and Alpaca. In: *Spurgeon's Color Atlas of Large Animal Anatomy: The Essentials*: Wiley 2013: S. : 90-107.
- Medina Sparrow CR (1995) Estudio Anatómico De Los Músculos Del Tórax Y Abdomen De La Alpaca (*Lama pacos*). In: Facultad De Medicina Veterinaria. Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Lima
- Miesner MD. Thorax Anatomy and Auscultation. In: *Veterinary Techniques for Llamas and Alpacas*: Wiley-Blackwell 2013: 139-42.
- Mustafa M (2010) Morphological, histochemical and biochemical studies on the heart of the dromedary camel (*Camelus dromedarius*). A thesis submitted in fulfillment of University of Khartoum of the requirements for the degree of master of Veterinary Medicine. University of Bahr El-Ghazal, South Sudan
- Nickel R, Schummer A, Seiferle E, Frewein J, Wille KH, Wilkens H (2004) *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere: Bewegungsapparat*. Parey
- Pacheco Torres VR, Enciso AA, Porras EG (1986) The osteology of South American camelids
- Pérez W, Méndez V, Vazquez N, Navarrete M, König HE. Gross anatomy of the heart of the alpaca (*Vicugna pacos*, Linnaeus 1758). *Anat Histol Embryol* 2018; 47: 110-8.
- Singh B. The Clinical Anatomy fo Llamas and Alpacas. In: Dyce, Sack, and Wensing's *Textbook of Veterinary Anatomy* St. Louis, USA: Elsevier 2018: 800-31.
- Smuts MMS, Bezuidenhout AJ. The Muscular System. In: *Anatomy of the dromedary*. Smuts MMS, Bezuidenhout AJ, eds.: Clarendon Press 1987a: S. : 59-104.
- Smuts MMS, Bezuidenhout AJ. The Heart and Arteries. In: *Anatomy of the dromedary*. Smuts MMS, Bezuidenhout AJ, eds.: Clarendon Press 1987b: S. : 142-67.
- Smuts MMS, Bezuidenhout AJ. The Viscera. In: *Anatomy of the dromedary*. Smuts MMS, Bezuidenhout AJ, eds.: Clarendon Press 1987c: S. : 105-41.
- Smuts MMS, Bezuidenhout AJ. The Skeleton. In: *Anatomy of the dromedary*. Smuts MMS, Bezuidenhout AJ, eds.: Clarendon Press 1987d: S. : 1-47.
- Smuts MMS, Bezuidenhout AJ. The Lymphatic System. In: *Anatomy of the dromedary*. Smuts MMS, Bezuidenhout AJ, eds.: Clarendon Press 1987e: S. : 178-81.
- Smuts MMS, Bezuidenhout AJ. The Nervous System. In: *Anatomy of the dromedary*. Smuts MMS, Bezuidenhout AJ, eds.: Clarendon Press 1987f: S. : 182-220.
- Süß-Dombrowski C. Sektionen von Alpakas - Untersuchungsergebnisse aus 12 Jahren. 2012: <http://www.cvuas.de/pub/beitrag.asp?subid=1&ID=1634>.
- Thiers V (2002) Distribución de las arterias coronarias en el corazón de la llama (*Lama glama*, Linnaeus 1758). Tesis para optar el título de Médico Veterinario In: Facultad De Ciencias Veterinarias. Universidad Austral De Chile, Valdivia, Chile

- 
- Timm K, Smith B, Gauly M. Anatomie und Physiologie. In: Neuweltkameliden. Gauly M, Vaughan J, Cebra C, eds. Stuttgart: Enke 2011: S. : 7-12.
- Vater A (2018) Eine Untersuchung der systematischen und topographischen Anatomie des Gastrointestinaltraktes des Alpakas (*Vicugna pacos*). In: Tierärztliche Fakultät. LMU München, München
- Viera Raborg FSS, A.; Nunez Miranda, Q. (1968) Los pulmones y la arborización bronquial en la alpaca (*Lama pacos*). In: Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Lima, Lima
- von Brandt JF (1841) Beiträge zur Kenntniss des Baues der innern Weichtheile des Lama (*Auchenia lama*). Kaiserl. Akademie der Wissenschaften
- Waringo P (2018) Untersuchung der systematischen Anatomie der Wirbelsäule und der Wirbelsäulenmuskulatur des Alpakas (*Vicugna pacos*). In: Tierärztliche Fakultät. LMU München, München



---

## Danksagung

Ich danke meinem Doktorvater Prof. Dr. Johann Maierl ganz herzlich für die Möglichkeit diese Arbeit anfertigen zu können, die tatkräftige Unterstützung beim Präparieren sowie die mühsame, konstruktive Korrekturarbeit.

Ein großer Dank gilt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts für Anatomie, Histologie und Embryologie. Besonders Frau Mitterer, Herr Hecher und Frau Amrhein standen mir stets mit Rat und Tat zur Seite.

Anke Vater und Pit Waringo möchte ich für die gute Zusammenarbeit und Begleitung durch Höhen und Tiefen bei der Anfertigung dieser Arbeit danken. Vor allem die vielen Stunden im Keller der Anatomie wurden dadurch um einiges erträglicher.

Hannah Carolina Schmidt danke ich für die schöne und kurzfristige zeichnerische Umsetzung und Gestaltung meiner Bilder.

Außerdem möchte ich meiner Chefin Dr. Stephanie Schramme danken, welche mir durch flexible Arbeitszeiten die Durchführung dieser Arbeit ermöglichte.

Ich danke meinem Vater mit dem ich herrlich über medizinische Themen fachsimpeln und diskutieren kann.

Ich danke meinem lieben Bruderherz, der sich bereit erklärte sich um Druck und Abgabe meiner Promotion zu kümmern.

Meiner geliebten Mutter, die immer mit vollem Einsatz hinter mir steht und stets das Unmögliche möglich macht, gilt ein besonderer Dank von ganzem Herzen.

Ganz herzlich bedanke ich mich bei meinem geliebten Ehemann für die schöne gemeinsame Zeit, die guten Nerven und den bedingungslosen Rückhalt bei meinen Vorhaben.

Meine Tochter Ellena – ich liebe dich von ganzem Herzen.